

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2016

REZA RIZKY ASHARI FABANYO  
12211046

*Disusun oleh :*



STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA  
BANDAR UDARA WAMENA

SKRIPSI



# SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA  
BANDAR UDARA WAMENA



*Disusun oleh :*

REZA RIZKY ASHARI FABANYO  
12.21.046

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2016



LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA BANDAR UDARA WAMENA

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)  
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

REZA RIZKY ASHARI FABANYO  
12.21.046

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dr.Ir. Nusa Sebayang, MT

Dosen Pembimbing II

Ir. Agus Prajitno, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang

Ir. A. Agus Santosa, MT





**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA BANDAR**  
**UDARA WAMENA**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Jumat

Tanggal : 12 Agustus 2016

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh :

**REZA RIZKY ASHARI FABANYO**

12.21.046

Disahkan Oleh :

Ketua

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Penguji I

Ir. Toqi H. Nainggolan, MS

Anggota Penguji

Ir. Munasih, MT

Sekretaris

Dosen Penguji II

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**MALANG**  
**2016**





PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Reza Rizky Ashari Fabanyo

Nim : 1221046

Jurusan : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul :

“STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA BANDAR

UDARA WAMENA”

Adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan duplikat dan tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil

duplikat atau mengambil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi

atas perbuatan tersebut

Malang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan

Reza Rizky Ashari Fabanyo





## ABSTRAK

Reza Rizky Ashari Fabanyo, 2016. *Studi Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandar Udara Wamena*, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT. & Ir. Agus Prajitno, MT.

Kata Kunci : Apron, Bandar Udara, FAA, *Runway*, *Exit Taxiway*.

Perkembangan sebuah daerah tidak lepas dari kebutuhan infrastruktur transportasi yang memadai sebagai urat nadi pertumbuhan berbagai sektor kehidupan. Kondisi geografis Wamena yang terdiri dari pegunungan, lembah dan hutan yang lebat serta belum adanya ruas jalan darat yang menghubungkan antar daerah mengakibatkan moda transportasi udara menjadi pilihan utama. Bandar Udara Wamena sebagai bandar udara utama di Pegunungan Tengah Papua mengalami peningkatan pergerakan pesawat dan penumpang tiap tahunnya. Oleh sebab itu Bandar Udara Wamena perlu dilakukan pengembangan sisi udara untuk mengatasi hal tersebut. Tujuan penulisan skripsi ini yaitu untuk mendapatkan hasil perencanaan sisi udara Bandar Udara Wamena 20 tahun kedepan atau pada tahun 2035.

Data yang didapat dan digunakan adalah data sekunder yaitu data pergerakan pesawat, data penumpang dan data klimatologi yang diperoleh dari Bandar Udara Wamena dan BMKG stasiun Wamena dari tahun 2006-2015. Metode yang digunakan dalam perhitungan geometrik dan tebal lapisan perkerasan adalah metode *Federal Aviation Administration* (FAA) untuk jangka menengah 10 tahun (2025) dan jangka panjang 20 tahun (2035).

Pesawat rencana yang digunakan yaitu Pesawat Boeing 737-900 ER didapatkan panjang *runway* sepanjang 3545 meter dengan lebar 45 meter dan bahu 7.5 meter pada setiap sisinya untuk memenuhi persyaratan ARFL (*Aerodrome Reference Field Length*), sehingga *runway* eksisting sepanjang 2175 meter disarankan untuk diperpanjang 1370 meter dan diperlebar 15 meter di kedua sisinya. Apron dengan ukuran 418 m x 93.5 m atau seluas 36,960 m<sup>2</sup>, dibutuhkan perluasan sebesar 12,840 m<sup>2</sup>. Penambahan *Exit Taxiway* bersudut 30° berjarak 779 meter dan 1543 meter dari *threshold runway* 15. Hasil perhitungan tebal lapisan lentur (*flexible pavement*) 10 tahun *subbase course* = 31.75 cm, *Base Coarse* = 55.88 cm, *Surface Coarse* = 10.16 cm. Perhitungan tebal lapisan lentur (*flexible pavement*) 20 tahun untuk *subbase course* = 34.80 cm, *Base Coarse* = 57.91 cm, *Surface Coarse* = 10.16 cm. Hasil perhitungan tebal lapisan kaku (*rigid pavement*) 10 tahun *subbase course* = 15.24 cm, *Surface Coarse/Slab Beton* = 38.1 cm. Perhitungan tebal lapisan kaku (*rigid pavement*) 20 tahun *subbase course* = 15.24 cm, *Surface Coarse/slab beton* = 40.1 cm.



## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas ridho dan rahmat-Nya skripsi dengan judul “Studi Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandar Udara Wamena” ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Namun tanpa adanya bantuan, dukungan serta bimbingan dari semua pihak, skripsi ini tidak akan terselesaikan.

Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih antara lain kepada :

1. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT , selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S1 Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr.Ir. Nusa Sebayang, MT , selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Ir. Agus Prajitno, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Unit Pelaksana Bandar Udara Kelas I Wamena.
5. Badan Klimatologi dan Geofisika Stasiun Wamena.
6. Rekan-Rekan Mahasiswa Teknik Sipil ITN, atas bantuan dan semangat.

Saya menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih belum seperti yang diharapkan. Oleh karena itu, saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas saran dan kritiknya demi perbaikan pada skripsi yang akan datang.

Malang, Agustus 2016

Penyusun



# **DAFTAR ISI**

**HALAMAN JUDUL**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN**

**ABSTRAK**

**KATA PENGANTAR..... i**

**DAFTAR ISI..... ii**

**DAFTAR TABEL ..... viii**

**DAFTAR GAMBAR..... xv**

## **BAB I PENDAHULUAN**

**1.1 Latar Belakang..... 1**

**1.2 Identifikasi Masalah.....3**

**1.3 Rumusan Masalah.....3**

**1.4 Batasan Masalah .....4**

**1.5 Tujuan Penulisan.....4**

**1.6 Manfaat Penulisan.....4**

**1.7 Studi Terdahulu.....5**

## **BAB II LANDASAN TEORI**

**2.1 Umum .....11**

**2.2 Karakteristik dan Klasifikasi Pesawat Terbang .....11**



|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.3       | Perhitungan Statistik .....   | 15 |
| 2.4       | Bagian/Fasilitas Sisi Udara .....   | 17 |
| 2.4.1     | Landas Pacu ( <i>Runway</i> ) .....   | 17 |
| 2.4.1.1.  | Sistem <i>Runway</i> .....  | 17 |
| 2.4.1.2.  | Konfigurasi <i>Runway</i> .....   | 17 |
| 2.4.1.3.  | Lingkungan Lapangan Terbang .....   | 21 |
| 2.4.1.4.  | Perhitungan Panjang <i>Runway</i> Akibat Pengaruh Kondisi<br>Eksisting Lapangan Terbang ..... | 22 |
| 2.4.1.5.  | Koreksi Terhadap Temperatur lapangan Terbang .....  | 22 |
| 2.4.1.6.  | Koreksi Terhadap Ketinggian .....   | 23 |
| 2.4.1.7.  | Koreksi Terhadap Kemiringan Landasan ( <i>Runway</i><br><i>Gradient</i> ) .....               | 23 |
| 2.4.1.8.  | Perencanaan Panjang Runway Terkoreksi .....   | 24 |
| 2.4.1.9.  | Klasifikasi Landasan Pacu .....   | 24 |
| 2.4.1.10. | Lebar, Kemiringan, dan Jarak Pandas Landas Pacu .....   | 27 |
| 2.4.1.11. | Marka Landasan Pacu ( <i>Runway</i> ) .....   | 31 |
| 2.4.1.12. | Analisa Arah Angin .....  | 34 |
| 2.4.2     | Landas Hubung ( <i>Taxiway</i> ) dan <i>Exit Taxiway</i> .....                                | 35 |
| 2.4.2.1   | Jarak <i>Taxiway</i> dan <i>Runway</i> .....  | 35 |
| 2.4.2.2   | Dimensi <i>Taxiway</i> .....  | 36 |
| 2.4.2.3   | <i>Taxiway Shoulders</i> .....  | 37 |
| 2.4.2.4   | <i>Taxiway Longitudinal Slope</i> .....   | 37 |
| 2.4.2.5   | <i>Taxiway Transversal Slope</i> .....  | 37 |
| 2.4.2.6   | <i>Taxiway Strips</i> .....   | 38 |



|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.4.2.7 | <i>Rapid Exit Taxiway</i> .....  | 39 |
| 2.4.2.8 | <i>Fillet Taxiway</i> .....  | 40 |
| 2.4.3   | Exit Taxiway .....   | 42 |
| 2.4.4   | Apron.....   | 45 |
| 2.4.4.1 | Layout Apron .....   | 45 |
| 2.4.4.2 | Desain Konsep Apron .....  | 47 |
| 2.4.4.3 | Dimensi Apron .....  | 49 |
| 2.5     | Metode Perkerasan .....  | 53 |
| 2.5.1   | Perencanaan Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) Metode<br>FAA ..... | 54 |
| 2.5.2   | Perencanaan Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) Metode<br>FAA .....      | 63 |

### **BAB III METODOLOGI PERENCANAAN**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.1 | Tujuan Metodologi .....                         | 78 |
| 3.2 | Diagram Alir.....                               | 79 |
| 3.3 | Metodologi .....                                | 81 |
| 3.4 | Lokasi Studi.....                               | 84 |
| 3.5 | Spesifikasi Bandar Udara .....                  | 84 |
| 3.6 | Peta Lokasi .....                               | 86 |
| 3.7 | Layout Eksisting dan rencana pengembangan ..... | 87 |

### **BAB IV ANALISA DATA**

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 4.1 | Pengumpulan Data..... | 88 |
| 4.2 | Analisa Data .....    | 90 |



|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 4.2.1. | Analisa Pergerakan Pesawat.....         | 90  |
| 4.2.2. | Analisa Data Penumpang .....            | 92  |
| 4.3.   | Prediksi Pesawat dan Penumpang.....     | 96  |
| 4.4.   | Forecast Annual Departure .....         | 101 |
| 4.5.   | Jam Puncak Rencana .....                | 103 |
| 4.6.   | Penentuan Masa Operasional Pesawat..... | 109 |
| 4.7.   | Estimasi Kapasitas Runway .....         | 113 |
| 4.8.   | Waktu Singgah Pesawat.....              | 118 |

## **BAB V PERENCANAAN SISI UDARA**

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 5.1     | Perencanaan Geometrik .....  | 120 |
| 5.1.1.  | Landas Pacu ( <i>Runway</i> ) .....                                  | 122 |
| 5.1.1.1 | Perhitungan Panjang Landas Pacu .....                                | 122 |
| 5.1.1.2 | Koreksi Terhadap Temperatur .....                                    | 122 |
| 5.1.1.3 | Koreksi Terhadap Ketinggian (elevasi).....                           | 123 |
| 5.1.1.4 | Koreksi Terhadap Kemiringan .....                                    | 123 |
| 5.1.1.5 | Perencanaan Dimensi Landas Pacu ( <i>Runway</i> ) .....              | 124 |
| 5.1.1.6 | Panjang, Lebar, Kemiringan dan Perataan Strip<br><i>Runway</i> ..... | 126 |
| 5.1.1.7 | <i>Blastpad</i> dan <i>Runway Safety Area</i> (RESA).....            | 127 |
| 5.1.1.8 | Arah Landasan Pacu .....   | 128 |
| 5.1.2.  | Landas Hubung ( <i>Taxiway</i> ) .....                               | 134 |
| 5.1.2.1 | Jarak <i>Taxiway</i> dan <i>Runway</i> .....                         | 134 |
| 5.1.2.2 | Dimensi <i>Taxiway</i> .....   | 134 |
| 5.1.2.3 | <i>Taxiway Shoulders</i> .....                                       | 134 |



|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 5.1.2.4  | Kemiringan <i>Taxiway</i> .....  | 135 |
| 5.1.2.5  | <i>Taxiway Strip</i> .....   | 135 |
| 5.1.2.6  | <i>Rapid Exit Taxiway</i> dan <i>Fillet Taxiway</i> .....  | 136 |
| 5.1.3.   | <i>Exit Taxiway</i> .....  | 136 |
| 5.1.3.1  | Perencanaan jarak minimum untuk penentuan jumlah <i>exit taxiway</i> .....                       | 140 |
| 5.1.4.   | <i>Apron</i> .....   | 142 |
| 5.2.     | Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Metode FAA.....  | 149 |
| 5.2.1.   | Perencanaan Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) .....                                 | 151 |
| 5.2.1.1  | Perencanaan Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> )<br>Jangka Waktu 10 Tahun (2025) ..... | 152 |
| 5.2.1.2  | Perencanaan Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> )<br>Jangka Waktu 10 Tahun (2035) ..... | 160 |
| 5.2.2.   | Perencanaa Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) .....                                       | 167 |
| 5.2.2.1. | Perencanaan Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) Jangka<br>Waktu 10 Tahun (2025) .....      | 168 |
| 5.2.2.2. | Perencanaan Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) Jangka<br>Waktu 20 Tahun (2035) .....      | 175 |
| 5.2.2.3. | Penulangan .....   | 180 |
| 5.3      | Perencanaan Permarkaan .....   | 183 |
| 5.3.1.   | <i>Runway</i> .....  | 183 |
| 5.3.2.   | <i>Taxiway</i> dan <i>Exit Taxiway</i> .....   | 185 |
| 5.3.3.   | <i>Apron</i> .....   | 185 |

## **BAB VI PENUTUP**

**6.1.** Kesimpulan .....189

**6.2.** Saran .....190

**DAFTAR PUSTAKA** .....191

## **LAMPIRAN I**

## **LAMPIRAN II**

## **LAMPIRAN III**

## **LAMPIRAN IV**



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 1.1</b> Letak Exit Taxiway Rencana. ....   | 8  |
| <b>Tabel 2.1</b> Pengaruh Karakteristik Pesawat Terbang terhadap Perencanaan Bandar Udara. .... | 12 |
| <b>Tabel 2.2</b> Karakteristik Tiap-tiap jenis pesawat. ....                                    | 13 |
| <b>Tabel 2.3</b> Jenis Pesawat Berdasarkan Klasifikasi FAA dan ICAO. ....                       | 14 |
| <b>Tabel 2.4</b> Klasifikasi Pesawat FAA. ....  | 14 |
| <b>Tabel 2.5</b> Klasifikasi Pesawat ICAO. ....   | 14 |
| <b>Tabel 2.6</b> Dimensi <i>Stopways / Overrun</i> . ....                                       | 26 |
| <b>Tabel 2.7</b> Dimensi <i>Runway Safety Area</i> (RESA) ....                                  | 27 |
| <b>Tabel 2.8</b> Lebar <i>Runway</i> . ....   | 28 |
| <b>Tabel 2.9</b> Kemiringan <i>Longitudinal slope</i> . ....                                    | 29 |
| <b>Tabel 2.10</b> Panjang, Lebar, Kemiringan, dan Perataan Strip landasan ....                  | 30 |
| <b>Tabel 2.11</b> Jumlah Strip Tanda Thresold ....  | 32 |
| <b>Tabel 2.12</b> Jumlah Pasangan Tanda Touchdown Zone ....                                     | 33 |
| <b>Tabel 2.13</b> Jarak pemisahan minimum untuk <i>Taxiway</i> ....                             | 35 |
| <b>Tabel 2.14</b> Dimensi <i>Taxiway</i> . ....   | 36 |
| <b>Tabel 2.15</b> <i>Taxiway Shoulder</i> Minimum. ....   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 2.16</b> Kemiringan Memanjang Maksimum <i>Taxiway</i> .....                                  | 37 |
| <b>Tabel 2.17</b> Kemiringan Melintang Maksimum <i>Taxiway</i> .....                                  | 38 |
| <b>Tabel 2.18</b> <i>Taxiway Strips</i> .....   | 38 |
| <b>Tabel 2.19</b> Jarak Lurus minimum Setelah belokan <i>Taxiway</i> .....                            | 39 |
| <b>Tabel 2.20</b> Jari-jari minimum <i>Taxiway</i> .....  | 39 |
| <b>Tabel 2.21</b> Dimensi Fillet <i>Taxiway</i> .....   | 40 |
| <b>Tabel 2.22</b> Jari-jari Fillet <i>Taxiway</i> .....   | 41 |
| <b>Tabel 2.23</b> Jari-jari Fillet .....  | 41 |
| <b>Tabel 2.24</b> Klasifikasi Pesawat Untuk Perencanaan <i>Exit Taxiway</i> .....                     | 43 |
| <b>Tabel 2.25</b> Jarak Antara Hidung Pesawat dengan gedung terminal .....                            | 49 |
| <b>Tabel 2.26</b> Klasifikasi Tanah Untuk Metode Perkerasan FAA .....                                 | 54 |
| <b>Tabel 2.27</b> Hubungan Antara Harga CBR dengan Klasifikasi Subgrade Menurut FAA .....             | 55 |
| <b>Tabel 2.28</b> Konversi Tipe Roda Pesawat .....  | 60 |
| <b>Tabel 2.29</b> Tebal Perkerasan Bagi Tingkat Departure > 25.000 .....                              | 67 |
| <b>Tabel 2.30</b> Jarak Joint Maksimum (di sarankan) .....  | 74 |
| <b>Tabel 2.31</b> Ukuran dan Jarak Dowel .....  | 77 |
| <b>Tabel 4.1</b> Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat tahun 2006-2015 di Bandar Udara Wamena ..... | 88 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabel 4.2</b> Perhitungan Analisis Regresi Untuk Pergerakan Pesawat tahun 2006-2015 .....                      | 90  |
| <b>Tabel 4.3</b> Perhitungan Analisis Regresi Untuk Jumlah Penumpang pada tahun 2006-2015 .....                   | 92  |
| <b>Tabel 4.4</b> Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk pergerakan pesawat.....                           | 95  |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk jumlah penumpang .....                            | 95  |
| <b>Tabel 4.6</b> Koefisien Korelasi .....   | 95  |
| <b>Tabel 4.7</b> Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Jangka Menengah (2025) .....                  | 97  |
| <b>Tabel 4.8</b> Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Jangka Panjang (2035) .....                   | 98  |
| <b>Tabel 4.9</b> Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang Jangka Menengah (2025) .....                | 100 |
| <b>Tabel 4.10</b> Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang Jangka Panjang (2035) .....                | 100 |
| <b>Tabel 4.11</b> Tabel Presentase Total Tahunan Masing-Masing Jenis Pesawat                                      | 101 |
| <b>Tabel 4.12</b> <i>Forecast Annual Departure</i> Masing-Masing Jenis Pesawat Jangka Waktu 10 Tahun (2025) ..... | 102 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabel 4.13</b> <i>Forecast Annual Departure</i> Masing-Masing Jenis Pesawat Jangka Waktu 20 Tahun (2035) .....    | 103 |
| <b>Tabel 4.14</b> Besarnya Jumlah Pergerakan Pesawat Terbanyak Setiap Tahun  | 104 |
| <b>Tabel 4.15</b> Besarnya Jumlah Penumpang Terbanyak Setiap Tahun .....   | 104 |
| <b>Tabel 4.16</b> Prosentase Besarnya Jumlah Pergerakan Pesawat Terbanyak Setiap Tahun.....                          | 105 |
| <b>Tabel 4.17</b> Prosentase Besarnya Jumlah Penumpang Terbanyak Setiap Tahun.....                                   | 107 |
| <b>Tabel 4.18</b> Tabel Rata-Rata Umur Pesawat Yang Beroperasi Di Bandar Udara Wamena.....                           | 110 |
| <b>Tabel 4.19</b> Tabel Masa Operasional Pesawat Yang Beroperasi Di Bandar Udara Wamena Jangka Menengah (2025) ..... | 110 |
| <b>Tabel 4.20</b> Tabel Masa Operasional Pesawat Yang Beroperasi Di Bandar Udara Wamena Jangka Panjang (2035).....   | 111 |
| <b>Tabel 4.21</b> Tabel Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara Wamena Jangka Menengah (2025) .....        | 112 |
| <b>Tabel 4.22</b> Tabel Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara Wamena Jangka Panjang (2035) .....         | 112 |
| <b>Tabel 4.23</b> Rekapitulasi Presentase Jumlah Pergerakan Pesawat di Bandara Wamena.....                           | 114 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabel 4.24</b> Faktor Tak Menentu Kondisi VFR.....   | 117 |
| <b>Tabel 5.1</b> Tabel Karakteristik Pesawat dan Spesifikasinya.....  | 121 |
| <b>Tabel 5.2</b> <i>Aerodrome References Code</i> .....   | 125 |
| <b>Tabel 5.3</b> Batasan Angin Samping ( <i>Cross Wind</i> ) Maksimum .....   | 128 |
| <b>Tabel 5.4</b> Data Angin .....   | 131 |
| <b>Tabel 5.5</b> Hasil Perhitungan Arah Landasan Pacu .....   | 133 |
| <b>Tabel 5.6</b> Data Kecepatan dan Perlambatan Pesawat.....  | 137 |
| <b>Tabel 5.7</b> Jarak dari <i>Touchdown</i> ke Lokasi <i>Exit Taxiway</i> .....  | 138 |
| <b>Tabel 5.8</b> Jarak dari <i>Touchdown</i> ke Lokasi <i>Exit Taxiway</i> terkoreksi .....   | 139 |
| <b>Tabel 5.9</b> Jarak dari <i>Thresold</i> ke Lokasi <i>Exit Taxiway</i> .....   | 140 |
| <b>Tabel 5.10</b> Jarak <i>Thresold</i> sampai titik awal kurve <i>Exit Taxiway</i> .....   | 140 |
| <b>Tabel 5.11</b> Kelompok Pesawat Berdasarkan Ukuran Bentang Sayap.....  | 142 |
| <b>Tabel 5.12</b> Jarak antara hidung pesawat dengan gedung terminal .....  | 146 |
| <b>Tabel 5.13</b> Dimensi Pesawat Terbesar Masing-masing kelompok .....   | 146 |
| <b>Tabel 5.14</b> Perhitungan ESWL Jangka Menengah 10 Tahun (2025).....   | 150 |
| <b>Tabel 5.15</b> Perhitungan ESWL Jangka Panjang 20 Tahun (2025).....  | 150 |
| <b>Tabel 5.16</b> Perhitungan <i>Forecast Annual Departure</i> dan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur yang Dibutuhkan untuk Masing-Masing Jenis Pesawat .. | 152 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabel 5.17</b> Perhitungan $W_2$ Pesawat Yang dilayani .....   | 152 |
| <b>Tabel 5.18</b> Perhitungan $R_2$ Hasil konversi roda pendaratan pesawat.....   | 152 |
| <b>Tabel 5.19</b> Perhitungan <i>Equivalent Annual Departure</i> dari Pesawat Rencana.....  | 155 |
| <b>Tabel 5.20</b> Koreksi Terhadap Tebal Lapisan Perkerasan Bagi Tingkat <i>Annual Departure</i> > 25,000 Pergerakan Pesawat.....                       | 155 |
| <b>Tabel 5.21</b> Perhitungan <i>Forecast Annual Departure</i> dan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur yang Dibutuhkan untuk Masing-Masing Jenis Pesawat .. | 160 |
| <b>Tabel 5.22</b> Perhitungan $W_2$ Pesawat Yang dilayani .....   | 161 |
| <b>Tabel 5.23</b> Perhitungan $R_2$ Hasil konversi roda pendaratan pesawat.....   | 161 |
| <b>Tabel 5.24</b> Perhitungan <i>Equivalent Annual Departure</i> dari Pesawat Rencana.....  | 162 |
| <b>Tabel 5.25</b> Perhitungan <i>Forecst Annual Departure</i> dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang Dibutuhkan untuk Masing-Masing Jenis Pesawat ....  | 168 |
| <b>Tabel 5.26</b> Perhitungan $W_2$ Pesawat Yang dilayani .....   | 169 |
| <b>Tabel 5.27</b> Perhitungan $R_2$ Hasil konversi roda pendaratan pesawat.....   | 170 |
| <b>Tabel 5.28</b> Perhitungan <i>Equivalent Annual Departure</i> dari Pesawat Rencana.....  | 170 |
| <b>Tabel 5.29</b> Perhitungan <i>Forecst Annual Departure</i> dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang Dibutuhkan untuk Masing-Masing Jenis Pesawat ....  | 176 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabel 5.30</b> Perhitungan $W_2$ Pesawat Yang dilayani .....                             | 177 |
| <b>Tabel 5.31</b> Perhitungan $R_2$ Hasil konversi roda pendaratan pesawat.....             | 177 |
| <b>Tabel 5.32</b> Perhitungan <i>Equivalent Annual Departure</i> dari Pesawat Rencana ..... | 177 |
| <b>Tabel 5.33</b> Jarak <i>Construction Joint</i> Longitudinal dan Transversal .....        | 180 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Karakteristik Tiap-tiap Jenis Pesawat.....   | 15 |
| <b>Gambar 2.2</b> <i>Runway Tunggal</i> .....  | 18 |
| <b>Gambar 2.3</b> <i>Runway Paralel</i> .....  | 19 |
| <b>Gambar 2.4</b> <i>Runway Berpotongan</i> .....  | 20 |
| <b>Gambar 2.5</b> <i>Runway V Terbuka</i> .....  | 21 |
| <b>Gambar 2.6</b> Penampang <i>Stopway / Overrun</i> .....   | 26 |
| <b>Gambar 2.7</b> Tampang Atas Landasan.....   | 27 |
| <b>Gambar 2.8</b> kemiringan Melintang <i>Taxiway</i> .....  | 38 |
| <b>Gambar 2.9</b> Penampang Jari-jari <i>Rapid Exit Taxiway</i> .....  | 40 |
| <b>Gambar 2.10</b> Lebar <i>Taxiway</i> Tambahan (Fillet) .....  | 41 |
| <b>Gambar 2.11</b> Jari-jari Fillet .....  | 42 |
| <b>Gambar 2.12</b> Struktur Perkerasan Lentur .....  | 56 |
| <b>Gambar 2.13</b> Kurva Rencana Perkerasan Flexibel untuk Daerah Kritis <i>Single Wheel Gear</i> .....      | 57 |
| <b>Gambar 2.14</b> Kurva Rencana Perkerasan Flexibel untuk Daerah Kritis <i>Dual Wheel Gear</i> .....        | 58 |
| <b>Gambar 2.15</b> Kurva Rencana Perkerasan Flexibel untuk Daerah Kritis <i>Dual Tandem Wheel Gear</i> ..... | 59 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Gambar 2.16</b> Kurva Tebal Minimum Base Coarse yang diperlukan .....                  | 62  |
| <b>Gambar 2.17</b> Struktur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).....                         | 63  |
| <b>Gambar 2.18</b> Kurva Rencana Perkerasan Rigid <i>Single Wheel Gear</i> .....          | 70  |
| <b>Gambar 2.19</b> Kurva Rencana Perkerasan Rigid <i>Dual Wheel Gear</i> .....            | 70  |
| <b>Gambar 2.20</b> Kurva Rencana Perkerasan Rigid <i>Dual Tandem Wheel Gear</i> .....     | 71  |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....  | 80  |
| <b>Gambar 3.2</b> Peta Lokasi Bandar Udara Wamena .....                                   | 86  |
| <b>Gambar 3.3</b> Layout Eksisting Bandar Udara Wamena.....                               | 87  |
| <b>Gambar 3.4</b> Layout Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Wamena.....                | 87  |
| <b>Gambar 4.1</b> Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2006-2015 di Bandar Udara Wamena.....   | 89  |
| <b>Gambar 4.2</b> Grafik Pergerakan Penumpang Tahun 2006-2015 di Bandar Udara Wamena..... | 89  |
| <b>Gambar 4.3</b> Grafik Fungsi Linier Pergerakan Pesawat Tahun 2006-2015 .....           | 91  |
| <b>Gambar 4.4</b> Grafik Fungsi Linier Jumlah Penumpang Tahun 2006-2015 .....             | 94  |
| <b>Gambar 4.5</b> Kapasitas Dasar Runway Per Jam Kondisi VFR.....                         | 115 |
| <b>Gambar 4.6</b> Kapasitas Dasar Runway Per Jam Kondisi IFR .....                        | 116 |
| <b>Gambar 5.1</b> Landasan Pacu Hasil Perhitungan .....                                   | 127 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Gambar 5.2</b> Grafik Mawar Angin ( <i>Wind Rose</i> ).....   | 130 |
| <b>Gambar 5.3</b> <i>Wind Coverege Area</i> .....  | 131 |
| <b>Gambar 5.4</b> <i>Wind Rose Plot</i> (Sudut $150^{\circ}$ - $330^{\circ}$ ).....  | 132 |
| <b>Gambar 5.5</b> Gambar Kondisi <i>Taxiway Eksisting</i> .....  | 141 |
| <b>Gambar 5.6</b> Gambar Rencana lokasi <i>Exit Taxiway</i> pesawat design group I.....  | 141 |
| <b>Gambar 5.7</b> Gambar Rencana lokasi <i>Exit Taxiway</i> pesawat design group II.....   | 141 |
| <b>Gambar 5.8</b> Gambar Rencana Exit Taxiway .....  | 141 |
| <b>Gambar 5.9</b> Ukuran Denah Apron.....  | 145 |
| <b>Gambar 5.10</b> Susunan Lapisan Perkerasan Lentur .....   | 149 |
| <b>Gambar 5.11</b> Susunan Lapisan Perkerasan Kaku .....   | 150 |
| <b>Gambar 5.12</b> Kurva Untuk Menentukan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Jenis<br>Pesawat Boeing 737-900 ER .....                         | 156 |
| <b>Gambar 5.13</b> Kurva Tebal Minimum <i>Base Coarse</i> .....  | 157 |
| <b>Gambar 5.14</b> Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada<br>Daerah Kritis Jangka Waktu Menengah 10 Tahun (2025).....     | 159 |
| <b>Gambar 5.15</b> Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada Daerah<br>Non Kritis Jangka Waktu Menengah 10 Tahun (2025)..... | 159 |
| <b>Gambar 5.16</b> Kurva Untuk Menentukan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Jenis<br>Pesawat Boeing 737-900 ER .....                         | 163 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Gambar 5.17</b> Kurva Tebal Minimum <i>Base Coarse</i> .....   | 163 |
| <b>Gambar 5.18</b> Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada Daerah<br>Kritis Jangka Waktu Panjang 20 Tahun (2035) .....    | 163 |
| <b>Gambar 5.19</b> Susunan Tebal Lapsian Perkerasan Lentur Metode FAA pada Daerah<br>Non Kritis Jangka Waktu Panjang 20 Tahun (2035)..... | 163 |
| <b>Gambar 5.20</b> Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-900ER.....   | 171 |
| <b>Gambar 5.21</b> Pembagian Roda Pesawat Boeing 737-900ER.....   | 172 |
| <b>Gambar 5.22</b> K On Top of Subbase .....  | 173 |
| <b>Gambar 5.23</b> Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900ER .....   | 173 |
| <b>Gambar 5.24</b> K On Top of Subbase .....  | 178 |
| <b>Gambar 5.25</b> Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900ER .....   | 179 |
| <b>Gambar 5.26</b> Tebal Lapisan Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) untuk Jangka<br>Menengah 10 Tahun (2025) .....                 | 181 |
| <b>Gambar 5.27</b> Tebal Lapisan Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) untuk Jangka<br>Panjang 20 Tahun (2035) .....                  | 182 |
| <b>Gambar 5.28</b> Marking Sumbu Landasan.....  | 183 |
| <b>Gambar 5.29</b> <i>Apron Safety Line</i> .....   | 186 |
| <b>Gambar 5.30</b> <i>Apron Lead-in dan Lead-out Line Marking</i> .....   | 187 |
| <b>Gambar 5.31</b> <i>Aircraft Stop Line Marking</i> .....  | 188 |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Sebagai daerah yang terus berkembang haruslah memiliki infrastruktur transportasi yang memadai sebagai urat nadi dalam pertumbuhan disegala sektor kehidupan. Kondisi geografis Kabupaten Jayawijaya yang beribukota Wamena berada pada ketinggian 1.549,60 m (5.063,94 ft dpl) di pedalaman Papua memiliki medan pegunungan dan lembah dengan hutan yang lebat, serta belum adanya ruas jalan darat yang menghubungkan antar daerah mengakibatkan perjalanan masyarakat dan pengiriman barang hanya melalui sarana transportasi udara. Akibatnya harga kebutuhan pokok melonjak tajam dikarenakan ongkos angkutan udara yang begitu mahal.

Bandar Udara (Bandara) Wamena yang berada di Kabupaten Jayawijaya saat ini menjadi salah satu Bandara tersibuk di Papua, setelah Bandara Sentani di Jayapura. Puluhan aktifitas penerbangan dari dan menuju Wamena setiap hari dilayani dan mengalami tren peningkatan setiap tahunnya, diperkirakan akan terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Hal ini wajar mengingat Bandara Wamena merupakan pintu masuk bagi beberapa Kabupaten di wilayah Pegunungan Tengah Papua seperti Tolikara, Lanny Jaya, Yalimo, Memberamo Tengah, Nduga, Puncak, Puncak Jaya dan Jayawijaya sendiri.

Hanya saja infrastruktur maupun fasilitas di Bandara Wamena masih jauh dari sebuah Bandara Ideal. Kondisi panjang landasan saat ini adalah 2.200 meter hanya dapat mengoperasikan pesawat terbesar yaitu B737-300. Panjang landasan tersebut kurang memenuhi peraturan standar keamanan panjang landasan pacu yang ada dengan koreksi ARFL. Selain itu 2 Apron dari Bandar Udara Wamena hanya berkapasitas 7 parking stand sehingga tidak memungkinkan untuk menampung lebih banyak pesawat berukuran lebar. Kondisi *taxiway* yang kurang ideal sehingga diperlukan perbaikan dan penambahan paralel *taxiway* untuk mengakomodir pergerakan pesawat didarat. (Sumber: Unit Pelaksana Bandar Udara Wamena, *Informasi umum Bandara Wamena*) .

Untuk itu maka perlu dilakukan perencanaan pengembangan sisi udara atau *airside* fasilitas bandar udara Wamena seperti landasan pacu (*runway*), Landas hubung (*Taxiway*), dan *Apron*. Hal ini sejalan dengan program Pemerintah Daerah Kabupaten Jayawijaya dan Asosiasi Bupati Pegunungan Tengah untuk menjadikan Bandar Udara Wamena menjadi Bandar Udara yang memiliki infrastruktur dan fasilitas yang lengkap, tentunya akses penerbangan ke luar Papua hingga Sulawesi bahkan Jawa tidak lagi melewati Bandara Sentani melainkan langsung melalui Bandara Wamena. Diharapkan pergerakan barang dan jasa lebih cepat dan akhirnya dapat memacu pertumbuhan ekonomi wilayah.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Dari uraian di atas dapat diambil beberapa hal yang mendasari pengembangan sisi udara bandar udara Wamena, antara lain :

1. Diperlukan perbaikan geometrik *runway* dan diperpanjang sesuai dengan koreksi ARFL.
2. Diperlukan perluasan apron untuk menampung pesawat yang lebih besar.
3. Diperlukan perbaikan geometrik *taxiway* dan penambahan *taxiway* paralel untuk mengantisipasi kepadatan pergerakan darat pesawat.
4. Diperlukan tebal lapisan perkerasan *runway*, *taxiway* dan apron baru yang sesuai dengan rencana pengembangan.

## **1.3. Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini yaitu :

1. Berapa dimensi *runway* setelah dilakukan koreksi terhadap ARFL dan berdasarkan pesawat rencana untuk 20 tahun kedepan?
2. Berapa dimensi apron untuk menampung pesawat rencana 20 tahun kedepan?
3. Berapa dimensi *taxiway* dan *taxiway* paralel yang dibutuhkan 20 tahun kedepan?
4. Berapa struktur perkerasan *runway*, *taxiway* dan apron pada pengembangan sisi udara Bandara Wamena 20 tahun kedepan?.



#### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam skripsi ini, batasan masalah hanya meliputi :

1. Untuk analisa dimensi, dan tebal perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*).
2. RAB tidak dihitung dalam pembahasan ini.
3. Tidak membahas sistem drainase.
4. Hanya menghitung kebutuhan *runway*, *taxiway* dan *apron* untuk 20 tahun kedepan.

#### **1.5. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan dimensi *runway* yang sesuai dengan karakteristik pesawat rencana sampai 20 tahun kedepan.
2. Mendapatkan dimensi dan *apron* untuk memfasilitasi kebutuhan pergerakan pesawat hingga 20 tahun kedepan.
3. Mendapatkan dimensi dan letak letak *taxiway* dan paralel *taxiway* sesuai dengan karakteristik pesawat rencana. Hingga 20 tahun kedepan
4. Mendapatkan struktur perkerasan *runway*, *taxiway*, *apron* untuk umur rencana 20 tahun.

#### **1.6. Manfaat Penulisan**

Manfaat dari penulisan Skripsi ini adalah:

1. Menjadi referensi pengembangan sisi udara (*airside*) Bandar Udara Wamena maupun Bandar Udara lainnya.

2. Menambah pengetahuan dari penulis dalam merencanakan sisi udara (*airside*) Bandar Udara yang sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku.
3. Membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi oleh Pemerintah Daerah terhadap pengembangan Bandara.

### **1.7. Studi Terdahulu**

Ada beberapa tugas akhir atau skripsi yang memiliki tema yang sama dengan skripsi ini hanya berbeda lokasi (bandar udara) yang dijadikan obyek berbeda, yaitu Bandar Udara Juanda Surabaya dan Bandar Udara Kuala Namu Medan. Tugas tersebut antara lain :

1. Nama : Yoanita Eka Rahayu (Diploma IV T.Sipil FTSP-ITS Surabaya)

Judul : PERENCANAAN SISI UDARA PENGEMBANGAN  
BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA

Kesimpulan :

- a) Dari kondisi eksisting Bandara Internasional Juanda terhadap pengembangan pada sisi Timur sesuai rencana, dengan jenis pesawat rencana yaitu tipe Boeing 737-900 ERW didapatkan hasil perhitungan panjang dan lebar Runway adalah 3.000 m x 45 m dilengkapi dengan bahu landasan juga Stopway sebesar 60 m x 45 m dan RESA dimensi 90 m. Untuk lebar Taxiway total adalah 38 m, dengan lebar bahu sebesar 10 m (setiap sisi nya). Sedangkan letak Exit Taxiway dalam perencanaan adalah jarak total minimum dari ujung runway ke lokasi exit taxiway (S) sebesar sudut  $30^\circ =$

1.844 m dan untuk sudut  $90^\circ = 2.149$  m. Untuk perhitungan perencanaan dimensi Apron didapat luas sebesar 237.604 m<sup>2</sup>.

- b) Pada perhitungan perencanaan tebal perkerasan total Flexible Pavement untuk Runway, Taxiway, dan Exit Taxiway pada area kritis sebesar 134 cm, dengan rincian tebal Surface = 11 cm, tebal base = 31 cm, tebal Subbase = 92 cm. Sedangkan pada area non kritis sebesar 119 cm dengan rincian tebal Surface = 8 cm, tebal Base = 28 cm, tebal Subbase = 83 cm. Tebal perkerasan Rigid Pavement untuk Apron didapatkan tebal Surface = 44 cm dan tebal Subbase = 18 cm.

2. Nama : Aditya Rizkiardi (Teknik Sipil FTSP-ITN Malang)

Judul : PERANCANGAN PENGEMBANGAN APRON, TAXIWAY, DAN RUNWAY BANDAR UDARA JUANDA SURABAYA GUNA MEMENUHI KEBUTUHAN PELAYANAN HINGGA TAHUN 2022

Kesimpulan :

- a) Diprediksi jumlah penumpang pada tahun 2022 sebanyak 15.524.698 penumpang dengan jumlah pada jam puncak sebanyak 2375 penumpang/jam. Daan diprediksi jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2022 sebanyak 284.241 pergerakan dengan jumlah pergerakan pesawat pada jam sibuk sebanyak 43 pergerakan/jam.
- b) Panjang landasan pacu 5.014 km sejumlah dua buah dan dibuat secara paralel, dari yang semula hanya landasan pacu tunggal dengan panjang 3.0 km.



- c) Luas apron yang dihasilkan 1420.6 m<sup>2</sup> dengan kapasitas 6 buah pesawat berbadan lebar dan 23 buah pesawat berbadan kecil hingga sedang. Dari yang semula hanya menampung 4 buah pesawat berbadan lebar dan 14 buah pesawat berbadan kecil hingga sedang.
- d) Taxiway keluar dari landasan pacu dibuat bersudut 30° sebanyak 4 buah dengan jarak antar taxiway 834 m.
- e) Tebal lapisan yang dibutuhkan, digunakan metode FAA dengan ketebalan lapisan total 97.666 in (248.072 cm), tebal subbase coarse = 82.666 in (209.972 cm), base coarse 9 in (22.86 cm), surface coarse/permukaan = 6 in (15.24 cm)

3. Nama : Rifdia Arisandi (Teknik Sipil FTSP-ITS)

Judul : PERENCANAAN PENGEMBANGAN APRON  
BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA

Kesimpulan :

- a) Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai peak hour sebesar 48 pergerakan/jam untuk pesawat Kelas III-C dan 3 pergerakan/jam untuk pesawat Kelas V-E. Sehingga total peak hour di Tahun 2022 adalah 51 pergerakan. Jumlah gate position yang diperlukan agar dapat memfasilitasi seluruh pesawat yang menggunakan bandara adalah 39 gate position.
- b) Apron perlu diperluas dengan dimensi 124 meter × 1735,21 meter. Diperlukan penambahan panjang apron sebesar 682,71 meter.
- c) Perkerasan apron menggunakan perhitungan rigid pavement dan menghasilkan nilai:

Tebal slab beton : 16,9 inchi = 43 cm tulangan 8D19-12

Tebal subbase : 6 inchi = 15,24 cm.

Digunakan dowel dengan diameter 40 mm, panjang 510 mm, dan spasi ke arah longitudinal serta transversal sebesar 460 mm.

- d) Panjang runway menjadi 3925 meter dengan lebar 45 meter. Dengan panjang runway eksisting 3000 meter dan lebar 45 meter, maka hanya perlu dilakukan penambahan panjang sebesar 925 meter.

Perkerasan runway menggunakan perhitungan *flexible avement*.

Didapatkan lapisan perkerasan yang digunakan sebagai berikut:

Lapisan surface : 5 inchi = 13 cm

Lapisan subbase : 24,5 inchi = 62 cm

Lapisan base : 15,5 inchi = 40 cm

Total tebal perkerasan (T) : 45 inchi = 115 cm

- e) Terdapat 6 exit taxiway rencana dengan lebar 38,2 meter. Letak dan sudut exit taxiway dapat dilihat seperti pada Tabel 6.1. berikut ini:

**Tabel 1.1. Letak Exit Taxiway Rencana**

| No. | Jarak dari Threshold |       |                 | Exit Speed<br>(mph) |
|-----|----------------------|-------|-----------------|---------------------|
|     | RW 10                | RW 28 | Sudut           |                     |
| 1   | 0                    | 3925  | 90 <sup>0</sup> | 15                  |
| 2   | 925                  | 3000  | 30 <sup>0</sup> | 15                  |
| 3   | 1500                 | 2425  | 30 <sup>0</sup> | 15                  |
| 4   | 2425                 | 1500  | 30 <sup>0</sup> | 15                  |
| 5   | 3000                 | 925   | 30 <sup>0</sup> | 15                  |
| 6   | 3925                 | 0     | 90 <sup>0</sup> | 15                  |

Perkerasan exit taxiway menggunakan perhitungan *flexible pavement*. Didapatkan lapisan perkerasan yang digunakan sebagai berikut:

Lapisan surface : 5 inchi = 13 cm

Lapisan subbase : 24,5 inchi = 62 cm

Lapisan base : 15,5 inchi = 40 cm

Total tebal perkerasan (T) : 45 inchi = 115 cm

4. Nama : Aditya Imam Prastyo (Teknik Sipil FTSP-ITS)

Judul : PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN RUNWAY  
DAN TAXIWAY BANDARA KUALA NAMU, DELI  
SERDANG –SUMATRA UTARA

Kesimpulan :

- a) Berdasarkan data-data yang ada, penulis dapat menentukan tebal perkerasan runway dan taxiway dengan menggunakan metode FAA didapat untuk tebal kritis adalah 109,63 cm , dan untuk ketebalan non kritis adalah 97,65 cm.
- b) Ketebalan kritis adalah ketebalan pada daerah touch down, sedangkan non kritis adalah pada daerah landasan atau daerah setelah touch down.
- c) Dari data angin yang ada didapat arah angin dominan adalah 97,95%, dan hasil arah runway yang dominan ke arah North East dan South west.
- d) Dengan data suhu yang ada didapat panjang runway setelah faktor koreksi adalah 3903 m.
- e) Pada perbaikan tanah yaitu menggunakan PVD dengan type :  
AMERDRAIN 407  
- a = 100 mm , b = 3 mm.



- Berat = 93 gr/m
- Jarak pemasangan = 0,7 m
- Model pemasangan adalah pola segiempat.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Umum**

Pengembangan Bandara dilakukan untuk meningkatkan kemampuan dan kualitas jasa pelayanan, sehingga dapat mendukung kelancaran operasional penerbangan pada saat ini dan masa mendatang. Ruang lingkup pengembangan meliputi *airside* bandara yaitu *runway*, *taxiway*, dan juga *apron*.

Metode yang digunakan perencanaan pengembangan Bandara Wamena adalah FAA (*Federal Aviation Administration*), juga harus didasarkan pada peraturan ICAO (*International Civil Aviation Organization*), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2001 tentang kebandarudaraan, Kepmen Perhubungan No. KM 44 Tahun 2002 tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional, maupun Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan serta beberapa pedoman terkait lainnya.

#### **2.2 Karakteristik dan Klasifikasi Pesawat Terbang**

Perencanaan bandar udara, baik itu sisi darat maupun udara didasarkan pada karakteristik pesawat terbang. Pengaruh karakteristik pesawat terbang dapat dilihat pada tabel 2.1 pengaruh karakteristik pesawat terbang terhadap perencanaan Bandar Udara.

**Tabel 2.1** Pengaruh Karakteristik Pesawat Terbang terhadap Perencanaan Bandar Udara.

| <b>Karakteristik Pesawat Terbang</b>  | <b>Pengaruh Karakteristik Pesawat Terbang terhadap Perencanaan Bandar Udara</b>   |
|---|---|
| Berat ( <i>weight</i> ) Pesawat   | Berpengaruh pada tebal perkerasan untuk perencanaan landasan pacu, apron dan <i>taxiway</i>                                 |
| Ukuran ( <i>size</i> ) pesawat, meliputi jarak antara kedua ujung sayap, sumbu panjang badan, dan tinggi pesawat. | Berpengaruh pada perencanaan dimensi apron, hangar konfigurasi bangunan terminal, lebar landasan pacu, lebar <i>taxiway</i> |
| Konfigurasi roda pendaratan   | Berpengaruh pada tebal perkerasan pada areal pendaratan.  |
| Kapasitas Pesawat   | Berpengaruh pada dimensi bangunan terminal serta fasilitas-fasilitasnya.  |
| Panjang <i>runway</i>   | Berpengaruh terhadap luas daerah yang diperlukan (luas pembebasan tanah).   |

**Sumber:** Horonjeff, R/McKelvey, Francis.X; Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid 1 halaman 61.

Sedangkan karakteristik tiap-tiap jenis pesawat dapat dilihat tabel 2.2

Karakteristik Tiap-tiap jenis pesawat halaman berikut :

**Tabel 2.2** Karakteristik Tiap-tiap jenis pesawat

| Aircraft                    | Wingspan (m) | Length (m) | Wheel base (m) | Wheel track (m) | Runway length (m) <sup>a</sup> | Passengers | Maximum takeoff weight (kg) |
|-----------------------------|--------------|------------|----------------|-----------------|--------------------------------|------------|-----------------------------|
| A300-600                    | 44.8         | 53.3       | 18.6           | 9.6             | 2316                           | 247-375    | 166000                      |
| A310-300                    | 43.9         | 46.6       | 14.9           | 9.6             | 2308                           | 200-280    | 149997                      |
| A320-200                    | 33.8         | 37.6       | 12.5           | 7.6             | 1716                           | 138-179    | 71998                       |
| A321-100                    | 34.1         | 44.6       | N/A            | 7.6             | N/A                            | 188        | 82200                       |
| A330-300                    | 60.3         | 63.7       | 25.6           | 10.7            | N/A                            | 295-336    | 208000                      |
| A340-200                    | 60.3         | 69.4       | 23.2           | 10.7            | 2316                           | 262-375    | 263611                      |
| A340-300                    | 60.3         | 69.7       | 25.6           | 10.7            | N/A                            | 295-336    | 263600                      |
| Airbus VLA-800 <sup>a</sup> | 75.0         | 80.0       | N/A            | N/A             | N/A                            | 500-600    | N/A                         |
| Airbus A322 <sup>a</sup>    | 39.0         | 94.8       | 35.0           | N/A             | N/A                            | 250        | N/A                         |
| B727-200                    | 32.9         | 46.6       | 19.2           | 6.7             | 2620                           | 145-199    | 83623                       |
| B737-300                    | 28.6         | 33.4       | 12.6           | 6.2             | 1920                           | 128-149    | 66472                       |
| B737-400                    | 28.6         | 36.6       | 14.3           | 6.2             | 2224                           | 145-199    | 62822                       |
| B737-500                    | 28.6         | 31.0       | 11.1           | 6.2             | 1554                           | 108-149    | 62390                       |
| B737-600 <sup>a</sup>       | 34.3         | 31.2       | N/A            | N/A             | N/A                            | 108-132    | 66090                       |
| B737-700 <sup>a</sup>       | 34.3         | 33.6       | N/A            | N/A             | N/A                            | 128-149    | 66626                       |
| B737-800 <sup>a</sup>       | 34.3         | 39.6       | N/A            | N/A             | N/A                            | 162-199    | 78244                       |
| B747-100                    | 69.4         | 70.7       | 25.6           | 11.0            | 2896                           | 452-480    | 322048                      |
| B747-300                    | 69.4         | 70.7       | 25.6           | 11.0            | 2346                           | 565-608    | 322048                      |
| B747-400                    | 64.9         | 70.4       | 25.6           | 11.0            | 2681                           | 400        | 362871                      |
| B747-X <sup>a</sup>         | 89.0         | 86.0       | N/A            | 17.0            | N/A                            | 600-800    | 771101                      |
| B767-200                    | 37.8         | 47.3       | 18.3           | 7.3             | 1767                           | 166-239    | 99790                       |
| B767-200                    | 47.6         | 48.6       | 19.7           | 9.3             | 1828                           | 218-255    | 142880                      |
| B767-300                    | 47.6         | 54.6       | 22.9           | 9.3             | 2438                           | 261-290    | 166488                      |
| B777-200                    | 60.9         | 63.7       | 25.9           | 11.0            | 2661                           | 305-375    | 242670                      |
| B777-300 <sup>a</sup>       | 60.6         | 73.8       | 25.9           | 11.0            | 2661                           | 368        | 299366                      |
| Boeing HCCT <sup>a</sup>    | 39.6         | 94.6       | N/A            | N/A             | 3362                           | 292        | 316000                      |
| MD-81                       | 32.6         | 45.1       | 22.1           | 6.1             | 2209                           | 165-172    | 63602                       |
| MD-87                       | 32.6         | 39.7       | 19.2           | 6.1             | 2316                           | 130-139    | 67812                       |
| MD-80-30                    | 32.6         | 46.6       | 23.5           | 6.1             | 2072                           | 168-172    | 70760                       |
| DC-10-30                    | 60.3         | 65.6       | 22.1           | 10.7            | 2631                           | 265-390    | 269463                      |
| DC-10-40                    | 60.3         | 65.6       | 22.1           | 10.7            | 4418                           | 265-396    | 261742                      |
| MD-11                       | 51.8         | 61.3       | 24.6           | 10.7            | 2966                           | 323-410    | 273287                      |
| L-1011-500                  | 50.0         | 60.0       | 18.6           | 11.0            | 2603                           | 246-330    | 231330                      |
| Concorde                    | 26.3         | 62.6       | 16.2           | 7.7             | 3443                           | 108-128    | 186064                      |
| BAC111-600                  | 28.3         | 32.6       | 12.6           | 4.3             | 2102                           | 86-104     | 63999                       |
| BAe146-300                  | 26.2         | 31.0       | 12.6           | 4.7             | 1706                           | 103        | 44226                       |
| F-28-4000                   | 26.0         | 29.6       | 10.4           | 6.1             | 1584                           | 85         | 33112                       |
| F-60                        | 26.0         | 26.3       | 9.7            | 7.2             | 1366                           | 60.0       | 20620                       |
| F-100                       | 26.0         | 32.6       | 14.0           | 6.0             | 1720                           | 108        | 44462                       |
| ATR-42-300                  | 24.4         | 22.7       | 6.9            | 4.1             | 1090                           | 42-60      | 16698                       |
| ATR-72                      | 26.8         | 27.1       | 10.8           | 4.1             | 1406                           | 64-74      | 21600                       |
| EMB-120 Brasília            | 19.6         | 20.0       | 6.9            | 2.0             | 1402                           | 30         | 11600                       |

Source: Horonjeff & McKelvey [1994], Ashford & Wright [1992], David [1995], Burns & McDonnell [1995].  
N/A: not available.

<sup>a</sup> At sea level, standard day, no wind, level runway

<sup>b</sup> Unreleased until this date. Data shown are preliminary.



**Tabel 2.3** Jenis Pesawat Berdasarkan Klasifikasi FAA dan ICAO

| No | Tipe Pesawat | Bentang sayap |       | Klasifikasi |      |
|----|--------------|---------------|-------|-------------|------|
|    |              | (m)           | (ft)  | FAA         | ICAO |
| 1  | ATR 72       | 27.05         | 89.2  | III         | C    |
| 2  | A320         | 34.09         | 111.1 | III         | C    |
| 3  | A330         | 60.3          | 198   | V           | E    |
| 4  | A332         | 60.3          | 198   | III         | C    |
| 5  | A333         | 60.3          | 198   | V           | C    |
| 6  | B732         | 28.35         | 93    | III         | C    |
| 7  | B733         | 28.88         | 94.9  | III         | C    |
| 8  | B734         | 28.88         | 94.9  | III         | C    |
| 9  | B735         | 28.88         | 94.9  | III         | C    |
| 10 | B738         | 35.79         | 117.5 | III         | C    |
| 11 | B739         | 35.79         | 117.5 | III         | C    |
| 12 | B747         | 64.44         | 211.5 | V           | E    |
| 13 | F1000        | 28.08         | 92.2  | III         | C    |
| 14 | MD80         | 32.87         | 107.1 | III         | C    |
| 15 | MD82         | 32.87         | 107.1 | III         | C    |
| 16 | MD90         | 32.87         | 107.1 | III         | C    |

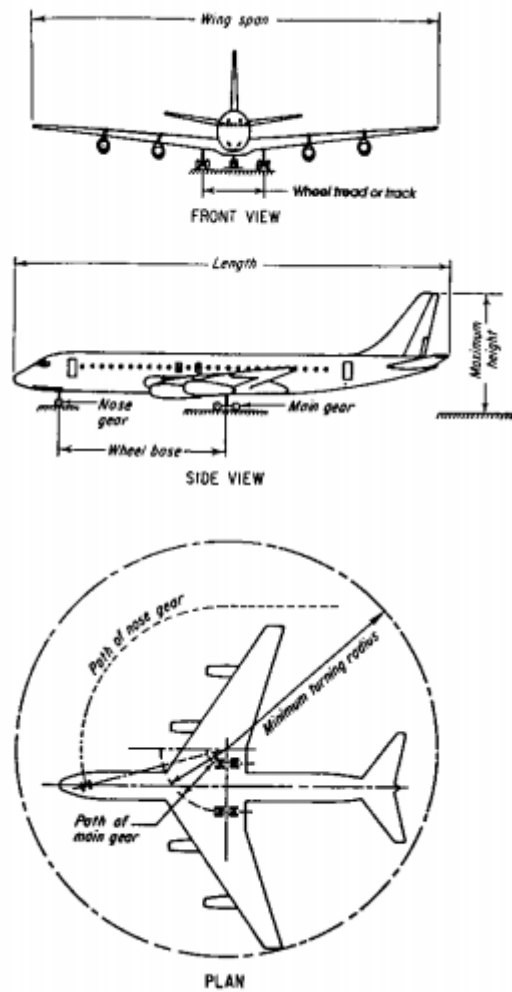
**Tabel 2.4** Klasifikasi Pesawat FAA

| Kelas | Bentang Sayap (ft) | Contoh Pesawat                               |
|-------|--------------------|--|
| I     | < 49               | Cessna 152-210, Beechcraft A36               |
| II    | 49-78              | Saab 200, EMB-120, Saab 340, Canadair RJ-100 |
| III   | 79-117             | Boeing 737, MD-80, Airbus A-320              |
| IV    | 118-170            | Boeing 757, Boeing 767, Airbus A-300         |
| V     | 171-213            | Boeing 747, Boeing 777, MD 11, Airbus A-340  |
| VI    | 214-262            | A3xx-200 atau VLCA (rencana)                 |

**Tabel 2.5** Klasifikasi Pesawat ICAO

| Kelas | Bentang Sayap (ft) | Contoh Pesawat                              |
|-------|--------------------|---|
| I     | < 15               | Semua pesawat single engine, jet bisnis     |
| II    | 15 - 24            | Pesawat komuter, Jet bisnis besar           |
| III   | 24 - 36            | Boeing 727, Boeing 737, MD-80, Airbus A-320 |
| IV    | 36-52              | Boeing 757, Boeing 767, Airbus A-300        |
| V     | 52-65              | Boeing 747, Boeing 777, MD 11, Airbus A-340 |

Sumber: ICAO/2009



**Gambar 2.1** Karakteristik Tiap-tiap jenis pesawat

**Sumber:** de Barros, Alexandre.G & Wirasinghe, Sumedha.C, *New Aircraft Characteristics Related to Airport Planning*, Air Transport Research Group of the WCTR Society, First ATRG Conference, Vancouver, Canada, 1997, Halaman 5

### 2.3 Perhitungan Statistik

Diperlukan perhitungan statistik, hari puncak dan jam puncak rencana untuk mengetahui seberapa besar jumlah penumpang, berat muatan maupun pergerakan pesawat pada perencanaan bandar udara.

Regresi Linear Sederhana adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab (X) terhadap Variabel Akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan Predictor sedangkan Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan Response. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (*Simple Linear Regression*) juga merupakan salah satu Metode Statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Persamaan umum :

$$Y = a + b.X$$

Dimana :

Y = Variabel response atau Variabel akibat (*Dependent*)

X = Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (*Independent*)

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan); besaran respon yang ditimbulkan oleh predictor.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

n = Jumlah tahun pengamatan

Peramalan dapat dilakukan bila data-data pada masa lalu menunjukkan adanya hubungan.

## **2.4 Bagian/Fasilitas Sisi Udara**

### **2.4.1 Landas Pacu (*Runway*)**

*Runway* adalah bagian dari lapangan terbang dimana berbentuk persegi panjang dan diperkeras untuk keperluan *take off* dan *landing*. Jumlah *runway* sangat tergantung dengan volume lalu lintas penerbangan dan orientasi atau arah *runway* tergantung pada arah angin dominan. *Runway* sangat dipengaruhi oleh penghubungnya yaitu *taxiway* dan *exit taxiway*.

#### **2.4.1.1 Sistem *Runway***

Terdapat beberapa konfigurasi *runway*, hal ini karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu

- a. Perbedaan kapasitas maksimum
- b. Perbedaan arah dan kecepatan angin
- c. Kompleksitas pengendalian lalu-lintas udara
- d. Kelengkapan alat bantu navigasi

#### **2.4.1.2 Konfigurasi *Runway***

Terdapat banyak macam konfigurasi yang dipakai bandara-bandara di dunia, tetapi semua itu pada umumnya mengacu pada beberapa bentuk dasar yaitu:

##### **1. *Runway* Tunggal**

*Runway* Tunggal merupakan konfigurasi yang paling sederhana. Telah diadakan perhitungan bahwa kapasitas *runway* tunggal pada saat kondisi *Visual Flight Rules* (VFR) antara 45-100 pergerakan tiap jam, sedangkan dalam kondisi *Instrument Flight Rules* (IFR) kapasitas berkurang menjadi 40 -50 pergerakan tergantung pada komposisi pesawat



campuran dan tersedianya alat bantu navigasi. Kondisi *Visual Flight Rules* (VFR) adalah kondisi penerbangan dengan keadaan cuaca yang sedemikian rupa sehingga pesawat dapat mempertahankan jarak yang aman dengan cara visual. Kondisi *Instrument Flight Rules* (IFR) adalah kondisi dimana penerbangan apabila jarak penglihatan atau batas penglihatan berada dibawah yang ditentukan oleh VFR.



**Gambar 2.2** *Runway Tunggal*

## **2. Runway Paralel**

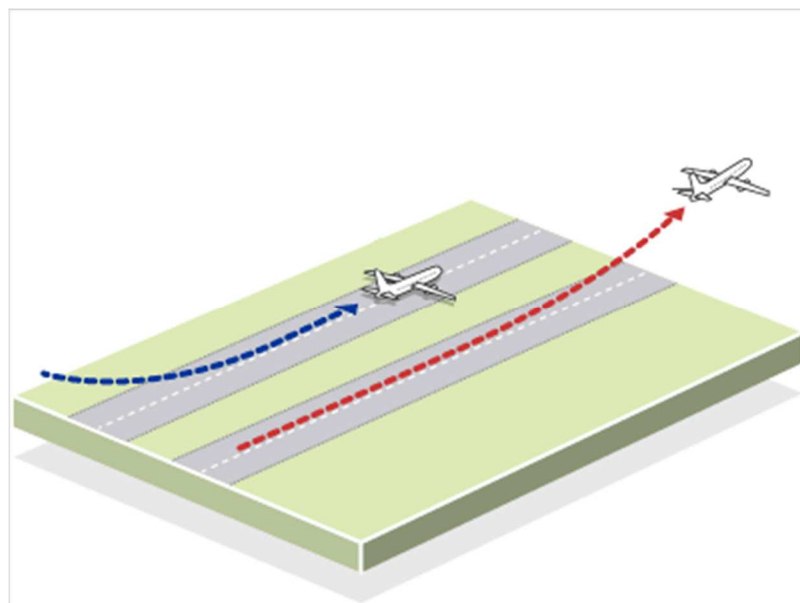
Kapasitas landasan sejajar tergantung kepada jumlah landasan dan pemisah/jarak antara dua landasan. Penjarakan landasan dibagi menjadi tiga yaitu :

- Berdekatan / rapat (*close*)
- Menengah (*Intermediete*)
- Jauh / renggang (*far*)

Tergantung kepada tingkat “ketergantungan” antara dua landasan dalam kondisi IFR. Landasan sejajar berdekatan (*Close*) mempunyai jarak sumbu ke sumbu  $100\text{ ft} = 213\text{ m}$  (untuk lapangan terbang pesawat angkut) sampai  $3500\text{ ft} = 1067\text{ m}$ . Dalam kondisi IFR operasi penerbangan pada

satu landasan tergantung pada operasi landasan lainnya. Landasan menengah (*intermediate*) mempunyai jarak sumbu ke sumbu 3500 ft = 1067 m sampai 5000 ft = 1524 m. Dalam kondisi IFR kedatangan pada satu landasan tidak tergantung kepada keberangkatan pada landasan lainnya. Landasan sejajar jauh (*Far*) mempunyai jarak sumbu ke sumbu 4300 ft = 1310 m atau lebih. Dalam kondisi IFR dua landasan dapat dioperasikan tanpa saling tergantung satu sama lain.

Untuk *runway* sejajar rapat, menengah, jauh kapasitasnya per jam dapat bervariasi di antara 100 sampai 200 operasi dalam kondisi-kondisi VFR, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Dalam kondisi IFR kapasitas per jam untuk yang berjarak rapat berkisar antara 50 sampai 60 operasi, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Untuk *runway* sejajar yang berjarak menengah kapasitas per jam berkisar 60 sampai 70 operasi dan untuk yang berjarak jauh antara 100 sampai 125 operasi per jam.



**Gambar 2.3** *Runway* Paralel

### 3. *Runway Berpotongan*

Landasan bersilangan diperlukan jika angin yang bertiup keras lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan tiupan angin berlebihan bila landasn mengarah ke satu mata angin. Pada suatu saat angin bertiup kencang satu arah maka hanya satu landasn dari dua landasn yang bersilangan yang bisa digunakan. Bila angin bertiup lemah (kurang dari 20 knots atau 13 knots) maka kedua landasn bisa dipakai bersama-sama. Kapasitas dua landasan yang bersilangan tergantung sepenuhnya di bagian mana landasan itu bersilangan (ditengah, diujung) serta cara operasi penerbangan yaitu strategi dari pendaratan atau lepas landas. Kapasitas landasan ditentukan dari jarak persilangan terhadap titik awal lepas landas. Semakin dekat jarak persilangan dengan titik awal lepas landas maka semakin besar kapasitas yang dicapai.

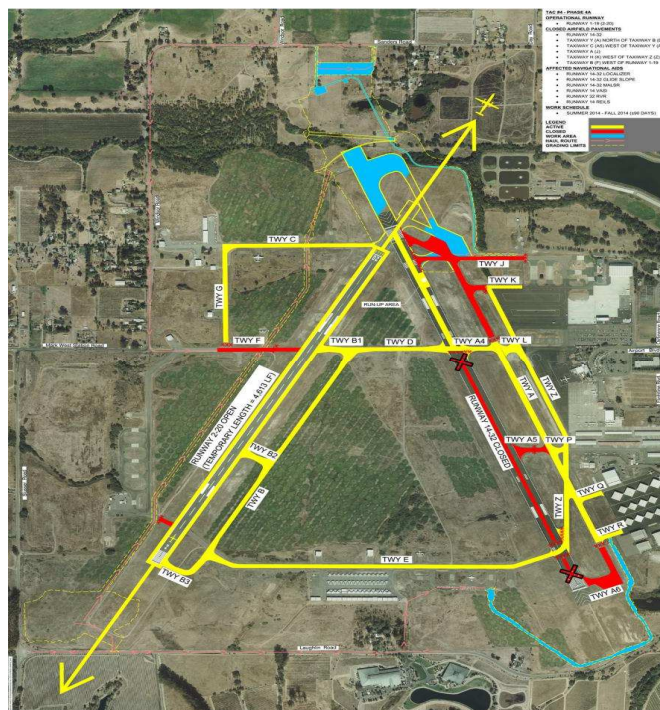


**Gambar 2.4** *Runway Berpotongan*

### 4. *Runway V Terbuka*

Runway V terbuka merupakan *runway* yang arahnya memencar (divergen) tetapi tidak berpotongan. Strategi yang menghasilkan kapasitas tertinggi adalah apabila operasi penerbangan dilakukan

menjauhi V. Dalam kondisi IFR, kapasitas per jam untuk strategi ini berkisar antara 50 sampai 80 operasi tergantung campuran pesawat terbang dan dalam kondisi VFR antara 60 sampai 180 operasi. Apabila operasi penerbangan dilakukan menuju V kapasitasnya berkurang menjadi 50 atau 60 dalam keadaan IFR sedangkan dalam keadaan VFR antara 50 sampai 100. Sama halnya pada landasan bersilang, landasan V terbuka dibentuk karena arah angin keras dari banyak arah sehingga harus membuat landasan dengan dua arah. Ketika angin bertiup kencang dari satu arah, maka landasan hanya bisa dioperasikan satu arah saja, sedangkan pada keadaan angin bertiup lembut, landasan dua-duanya bisa dipakai bersamaan.



**Gambar 2.5** Runway V Terbuka

#### 2.4.1.3 Lingkungan Lapangan Terbang

Lingkungan Lapangan Terbang yang berpengaruh terhadap panjang runway atau landasan adalah temperatur, angin permukaan, kemiringan

landasan, ketinggian lapangan terbang. Dalam perhitungan landasan pacu dipakai suatu standar yang disebut *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL). Menurut ICAO, ARFL adalah landas pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada *maximum certificated take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standart atmosfir, keadaan tanpa ada angin bertiup, landas pacu tanpa kemiringan (kemiringan =0).

#### **2.4.1.4 Perhitungan Panjang *Runway* Akibat Pengaruh Kondisi Eksisting Lapangan Terbang**

Kondisi eksisting dari lapangan terbang dapat mempengaruhi panjang landasan pacu. Berdasarkan ICAO perhitungan panjang runway harus mengikuti suatu standar *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) yaitu runway minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada MTOW (*Maksimum Take Off Weight*), elevasi muka air laut, kondisi atmosfir standar, keadaan tanpa angin bertiup, *runway* tanpa kemiringan (kemiringan=0).

Setiap pesawat memiliki ARFL bervariasi yang dibuat oleh pabriknya. Sehingga kelayakan suatu landasan terhadap kemampuan pesawat yang akan melakukan pergerakan pada landasan tersebut harus dilakukan koreksi terhadap pengaruh keadaan lokal bandara.

#### **2.4.1.5 Koreksi Terhadap Temperatur Lapangan Terbang**

Pada temperatur yang lebih tinggi, dibutuhkan landasan yang lebih panjang sebab tinggi density udara rendah, menghasilkan output daya doron yang rendah. Sebagai standar temperatur diatas muka laut sebesar



59° F = 15° C. Menurut *International Civil Aviation Organization* (ICAO)

panjang landasan harus terkoreksi terhadap temperatur sebesar 1%

$$F_t = 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065h)) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

$F_t$  = Faktor terkoreksi temperatur

$T$  = Temperatur di lapangan terbang

$h$  = Elevasi lapangan terbang

#### **2.4.1.6 Koreksi Terhadap Ketinggian**

Menurut ICAO bahwa ARFL bertambah 7 % setiap kenaikan 300 m (1000 ft) dari ketinggian muka laut. Maka rumus dari  $F_e$  (faktor koreksi elevasi).

$$F_e = 1 + 0.07 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

$F_e$  = Faktor terkoreksi elevasi

$h$  = Elevasi lapangan terbang

#### **2.4.1.7 Koreksi Terhadap Kemiringan Landasan (*Runway Gradient*)**

Perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan '*Effective Gradient*' yaitu beda tinggi antara titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. Faktor koreksi kemiringan ( $F_s$ ) sebesar 10 % setiap kemiringan 1 %.

$$F_s = 1 + 0.1 S \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

$F_s$  = Faktor terkoreksi kemiringan

$S$  = Gradien efektif

#### 2.4.1.8 Perencanaan Panjang *Runway* Terkoreksi

Setelah dilakukan faktor koreksi terhadap temperatur, ketinggian, dan kemiringan lapangan terbang maka hasil dari koreksi tersebut dilakukan perhitungan dari data pesawat rencana untuk mencari panjang runway setelah dikoreksi, yaitu :

$$ARFL = \frac{L_{ro}}{F_e \times F_t \times F_s} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

ARFL = Aeroplane Reference Field Length (untuk Pesawat Rencana)

$L_{ro}$  = Panjang runway terkoreksi

$F_e$  = Koreksi ketinggian

$F_t$  = Koreksi Temperatur

$F_s$  = Koreksi Kemiringan (gradient efektif)

#### 2.4.1.9 Klasifikasi Landas Pacu

Kebutuhan landas pacu adalah kebutuhan landas pacu untuk *take off* dan juga *landing* pesawat terbang. Banyak landasan pacu yang tersedia tergantung dari volume lalu lintas yang ada semakin sibuk bandara maka dibutuhkan landasan pacu lebih dari satu.

Landasan pacu (*runway*) merupakan fasilitas sisi udara, dimana keselamatan, keamanan, dan kelancaran penerbangan yang dilayani harus terjamin. Beberapa elemen dasar *runway* adalah :

- a. Struktur perkerasan yang mendukung untuk beban dari pesawat terbang
- b. Bahu Landas (*Shoulder*), terletak berbatasan dengan perkerasan struktural yang dirancang untuk menahan erosi akibat air, hembusan jet, dan

menampung peralatan untuk pemeliharaan serta pengawasan dalam keadaan darurat.

- c. Bantal Hembusan (*Blast Pad*), merupakan suatu area yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung (sebelum dan setelah) landasan pacu yang mana selalu menerima hembusan jet secara terus menerus.

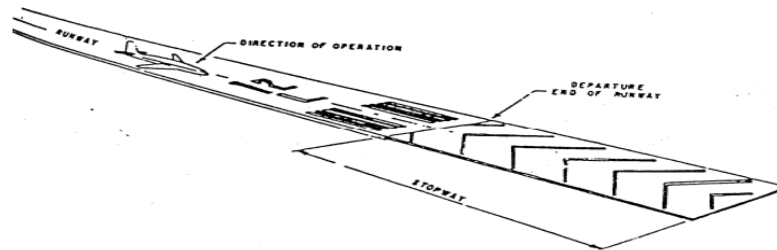
- d. *Overrun* meliputi *Clearway* dan *Stopway*

- *Clearway*, adalah daerah bebas pandang diluar *blastpad* yang berfungsi untuk melindungi pesawat ketika kecepatan pesawat melebihi normal pada saat melakukan *take off* maupun *landing* sehingga operator bandara bisa menambah pendaratan yang diijinkan dari pesawat dan kecepatan pesawat dapat direduksi. Kemiringan *clearway* tidak boleh melebihi dari 1.25 %.
- *Stopway* adalah suatu area yang terletak di akhir landasan pacu yang digunakan sebagai tempat berhenti pesawat ketika ada pembatalan *take off*. Lebar *stopway* sama dengan lebar *runway*. Syarat kemiringan memanjang dan melintang adalah seperti *runway*, kecuali beberapa syarat berikut:
  - Kekuatan permukaan harus mampu memikul beban pesawat yang direncanakan dalam keadaan *take off* dibatalkan tanpa merusak struktur pesawat.
  - Harus mempunyai koefisien gesekan yang cukup, dalam keadaan basah. Kekerasan untuk permukaan yang tidak diperkeras sama dengan kekerasan landasannya.
  - Jari-jari peralihan *runway*, jalur untuk berhenti maksimum 0.3 % tiap 30 m untuk penggolongan pesawat III, IV, V dan VI.

**Tabel 2.6** Dimensi *Stopways / Overrun*

| Code Letter | Penggolongan Pesawat | Lebar Stopways (m) | Panjang Stopways (m) | Kemiringan Stopways (%) / (m) |
|-------------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| A           | I                    | 18                 | 30                   | -                             |
| B           | II                   | 23                 | 30                   | -                             |
| C           | III                  | 30                 | 60                   | 0,3 per 30                    |
| D           | IV                   | 30                 | 60                   | 0,3 per 30                    |
| E           | V                    | 45                 | 60                   | 0,3 per 30                    |
| F           | VI                   | 45                 | 60                   | 0,3 per 30                    |

**Sumber :** SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara



**Gambar 2.6** Penampang *Stopway/Overrun*

**Sumber :** SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara

- e. Daerah keamanan landasan (*Runway Safety Area – RESA*), merupakan daerah aman *runway* karena harus mampu menahan pesawat dalam keadaan darurat seperti kebakaran, tumbukan dan sebagai tempat penyelamat apabila pesawat berada dibawah kondisi normal karena itu harus disediakan peralatan pemeliharaan yang mendukung.

**Tabel 2.7** Dimensi *Runway Safety Area* (RESA)

| Uraian  | Code Letter / Penggolongan pesawat |        |         |        |       |        |
|---|------------------------------------|--------|---------|--------|-------|--------|
|   | A / I                              | B / II | C / III | D / IV | E / V | F / VI |
| Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan |                                    |        |         |        |       |        |
| a. Landasan instrument (m)                                    | 90                                 | 90     | 90      | 90     | 90    | 90     |
| b. Landasan non instrumen                                     | 60                                 | 60     | 90      | 90     | 90    | 90     |
| Lebar minimum (m) atau (2 kali lebar <i>Runway</i> )          | 18                                 | 23     | 30      | 45     | 45    | 60     |
| Kemiringan memanjang maksimum (%)                             | 5                                  | 5      | 5       | 5      | 5     | 5      |
| Kemiringan melintang maksimum (%)                             | 5                                  | 5      | 5       | 5      | 5     | 5      |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)



**Gambar 2.7** Tampang Atas Landasan

(Sumber : AC 150/5300-13A, AIRPORT DESIGN)

#### 2.4.1.10 Lebar, Kemiringan, dan Jarak Pandang Landas Pacu (*Runway*)

##### a. Lebar *Runway*

Persyaratan menurut ICAO bahwa lebar perkerasan struktural dari landasan tidak boleh kurang dari yang tercantum pada tabel 2.8 berikut :



**Tabel 2.8** Lebar *Runway*

| Code Number | Code letter |      |      |      |      |      |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
|             | A           | B    | C    | D    | E    | F    |
| 1a          | 18 m        | 18 m | 23 m | -    | -    | -    |
| 2           | 23 m        | 23 m | 30 m | -    | -    | -    |
| 3           | 30 m        | 30 m | 30 m | 45 m | -    | -    |
| 4           | -           | -    | 45 m | 45 m | 45 m | 60 m |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

a = lebar landasan presisi harus tidak kurang dari 30 m untuk kode 1 dan 2.

Catatan : apabila landasan dilengkapi dengan bahu landasan, lebar total landasan dan bahu landasannya paling kurang 60 m.

**b. Kemiringan *Runway***

Kemiringan memanjang landasan (*Longitudinal Slope*) yaitu kemiringan memanjang yang didapat dari hasil pembagian antara ketinggian maksimum dan minimum garis tengah sepanjang landasan pacu. Dengan alasan ekonomi dimungkinkan adanya beberapa perubahan kemiringan disepanjang landas pacu dengan jumlah dan ukuran yang dibatasi oleh ketentuan tertentu.

**Tabel 2.9** kemiringan *longitudinal slope*

|                                  | Kode Angka |     |     |     |
|----------------------------------|------------|-----|-----|-----|
|                                  | 4          | 3   | 2   | 1   |
| Max. Effective Slope             | 1,0        | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Max.Longitudinal Slope           | 1,25       | 1,5 | 2,0 | 2,0 |
| Max.Longitudinal Slope Change    | 1,5        | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Slope Change per 30 m (100 feet) | 0,4        | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

(Sumber: Merancang,Merencana Lapangan Terbang, Ir. Basuki,1986)

Catatan :

- Semua kemiringan diberikan dalam persen.
- Untuk landasan dengan kode angka 4, kemiringan memanjang pada seperempat pertama dan perempat terakhir dari panjang landasan tidak boleh lebih 0.8 %.
- Untuk landasan dengan kode angka 3, kemiringan memanjang pada seperempat pertama dan terakhir dari panjang landasan bagi landasan *precision approach* kategori II dan III tidak boleh lebih dari 0.8 %

Sedangkan pada kemiringan melintang, agar menjamin pengaliran air permukaan yang berada di atas landasan perlu kemiringan melintang pada landasan sebagai berikut :

- 1.5 % pada landasan dengan kode huruf C,D atau E.
- 2 % pada landasan dengan kode huruf A atau B.

**c. Panjang, lebar, kemiringan dan perataan strip landasan**

ICAO telah mengeluarkan peraturan untuk strip landasan, seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2.10** Panjang, Lebar, kemiringan, dan Perataan Strip Landasan.

| Kriteria  | Kode Angka Landasan |                    |                   |                      |
|---|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
|   | 4                   | 3                  | 2                 | 1                    |
| Jarak min dari ujung landasan atau stopway                                      | 60 m<br>(200 ft)    | 60 m<br>(200 ft)   | 60 m<br>(200 ft)  | Lihat<br>catatan (a) |
| Lebar strip landasan untuk landasan instrument                                  | 300 m<br>(1000 ft)  | 300 m<br>(1000 ft) | 150 m<br>(500 ft) | 150 m<br>(500 ft)    |
| Lebar strip landasan untuk landasan non instrumen                               | 150 m<br>(500 ft)   | 150 m<br>(500 ft)  | 80 m<br>(260 ft)  | 60 m<br>(200 ft)     |
| Lebar area yang diratakan untuk landasan instrument                             |                     | 150 m<br>(500 ft)  | 150 m<br>(500 ft) | 80 m<br>(260 ft)     |
| Kemiringan memanjang max. Untuk area yang diratakan %                           | 1,5                 | 1,75               | 2,0               | 2,0                  |
| Kemiringan transversal max. Dari areal yang diratakan % lihat catatan (b dan c) | 2,5                 | 2,5                | 3,0               | 3,0                  |

(Sumber: Merancang, Merencana Lapangan Terbang, Ir. Basuki, 1986)

Catatan :

a) 60 m bila landasan berinstrument, 30 m bila landasan tidak berinstrumen.

b) Kemiringan transversal pada tiap bagian dari strip di luar diratakan kemiringannya tidak boleh lebih dari 5 %.

- c) Untuk membuat saluran air, kemiringan 3m pertama arah ke luar landasan, bahu landasan, *stopway* harus sebesar 5 %.

#### **2.4.1.11 Marka Landas Pacu (*Runway*)**

Marka pada daerah pergerakan pesawat udara di bandara merupakan tanda / petunjuk yang digambarkan pada daerah pergerakan pesawat udara. Dimana, tanda tersebut menginformasikan suatu kondisi (gangguan / larangan), dan keselamatan penerbangan. Marking ini berguna pada siang hari, sedangkan malam hari fungsi marking digantikan oleh sistem pencahayaan.

Ada beberapa tipe marking sebagai alat bantu navigasi pendaratan antara lain sebagai berikut :

##### **1) Nomor landasan (*Runway Designation marking*)**

Berada diujung landasan sebagai nomor pengenalan landasan itu, terdiri dari dua angka, dua angka tersebut merupakan angka persepuluhan terdekat dari utara magnetis dipandang dari approach, ketika pesawat akan mendarat. Misal landasan dengan azimuth magnetis 82 maka nomor landasan adalah 08, sedangkan azimuth 86 nomor landasan 09. Nomor landasan ini ditempatkan berlawanan dengan azimuthnya, landasan Barat Timur, diujung Timur ditempatkan landasan 27, sedang diujung Barat dipasang nomor landasan 09. Sementara pada landasan sejajar harus dilengkapi dengan huruf L atau R atau C.

## 2) Marking Thresold

Terletak diujung landasan, sejauh 6 m dari awal landasan, panjang paling kurang 30 m, lebar 1,8 m, dengan celah jarak antar strip 1,8 m dan jarak (celah) kedua sisi stripe antara 2,5 m – 3,6 m. serta jarak tepi luar terhadap sisi tepi dalam runway side strip marking min 0,20 m. banyaknya strip tergantung lebar landasan.

**Tabel 2.11** Jumlah Strip Tanda Thresold

| Lebar<br>Landasan | Jumlah<br><i>Strip</i> | Banyaknya<br>Celah | f (m) |       |
|-------------------|------------------------|--------------------|-------|-------|
|                   |                        |                    | c min | c max |
| 18 m              | 4                      | 2                  | 1,85  | 1,35  |
| 23 m              | 6                      | 4                  | 0,75  | 0,25  |
| 30 m              | 8                      | 6                  | 0,5   |       |
| 45 m              | 12                     | 10                 | 0,5   | -     |
| 60 m              | 16                     | 14                 | 0,8   | 0,3   |

(Sumber: SNI 03-7095-2005. Badan Standarisasi Nasional)

## 3) Marking Untuk Jarak-jarak Tetap (*Fixed Distance Marking*)

Berbentuk empat persegi panjang, berwarna cerah biasanya oranye. Ukuran panjang 45 m -60 m, lebar 6 m – 10 m terletak simetris kanan iri sumbu landasan, marking ini yang terujung berjarak 300 m dari thresold.

## 4) Marking Touchdown Zone

Dipasang pada landasan dengan approach presisi, tapi bias juga dipasang pada landasan non presisi atau landasan non instrumen yang memiliki lebar landasannya lebih dari 23 m.

Terdiri dari pasangan –pasangan berbentuk segi empat di kanan dan kiri sumbu landasan dengan lebar 3 m dan panjang 22,5 m untuk strip tunggal, sedangkan untuk strip ganda ukuran 22,5 x 1,8 m dengan jarak 1,5 m. jarak satu sama lain 150 m diawali dari threshold, banyaknya pasangan tergantung panjang landasan.

**Tabel 2.12** Jumlah Pasangan Tanda Touchdown Zone

| Panjang Landasan | Jumlah Pasangan | Jumlah Garis         |
|------------------|-----------------|----------------------|
| < 900 m          | 1               | 1                    |
| 900 – 1200 m     | 2               | 2 , 1                |
| 1200 – 1500 m    | 3               | 2 , 1 ,1             |
| 1500 – 2100 m    | 4               | 2 , 2 , 1 ,1         |
| ➤ 2100 m         | 6               | 3 , 3 , 2 , 2 , 1 ,1 |

(Sumber: SNI 03-7095-2005. Badan Standarisasi Nasional)

#### 5) Marking Tepi Landasan

Merupakan garis lurus berwarna putih di tepi landasan, memanjang sepanjang landasan lebar strip 0,9 m, bagi landasan yang lebarnya lebih dari 30 m atau lebar strip 0,45 m bagi landasan kurang dari 30 m. berfungsi sebagai warna batas tepi landasan hamper sama dengan warna shoulder.

#### 6) Runway End Markings

Garis ujung pada runway, dengan lebar garis 1,8 m dan panjang penuh pada lebar runway.



#### 2.4.1.12 Analisa Arah Angin

Analisa angin adalah dasar bagi perencanaan lapangan terbang atau bandar udara, sebagai pedoman pokok landasan pada sebuah bandar udara arahnya harus sedemikian hingga searah dengan prevailing wind (arah angin dominan). Pada saat landing dan take off, pesawat dapat mengadakan maneuver sejauh komponen *cross wind* yang diizinkan adalah tergantung pada ukuran pesawat, tetapi juga kepada konfigurasi sayap dan kondisi perkerasan landasan.

Menurut persyaratan FAA *cross wind* untuk semua bandar udara kecuali *utility*, landasan harus mengrah sehingga pesawat dapat mendarat pada 95% dari waktu dengan komponen *cross wind* tidak melebihi 13 knot (15mph), sedangkan untuk lapangan terbang utility komponen *cross wind* diperkecil jadi 10 knots (11.5mph).

Pengaruh pertama adalah keadaan jarak penglihatan mulai dari sangat baik sampai sangat buruk, berikutnya harus diperhatikan tingkat kejelekan dari jarak penglihatan yang membutuhkan instrument untuk pendaratan. Arah landasan bias dihitung berdasarkan pada data arah angin.

Walaupun 95 % dari persyaratan yang dikeluarkan oleh FAA dan ICAO bias mengatasi semua kondisi cuaca, namun perlu diadakan penelitian data secara mendetail. Data cuaca, angin bias didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

## 2.4.2 Landas Hubung (*Taxiway*) dan *Exit Taxiway*

Fungsi dasar dari *taxiway* adalah untuk menyediakan akses antar *runway* dan daerah terminal juga *service hangar*. *Taxiway* harus dirancang dengan baik sehingga pesawat yang baru saja mendarat tidak terganggu oleh pesawat yang bergerak untuk *takeoff*. Rute *taxiway* harus diseleksi sehingga menghasilkan jarak terpendek yang masih mungkin daerah terminal ke ujung *runway* yang digunakan untuk *takeoff*.

### 2.4.2.1 Jarak *Taxiway* dan *Runway*

Terdapat jarak minimum yang harus diperhatikan untuk penempatan *taxiway* dengan *runway*.

**Tabel 2.13** Jarak pemisahan minimum untuk *taxiway*

| Jarak Antara Garis Tengah <i>Taxiway</i> dan Garis Tengah <i>Runway</i> (m) |                    |      |     |       |                        |      |     |       |   |   |  |
|---|--------------------|------|-----|-------|------------------------|------|-----|-------|---|---|--|
| Code Letter /<br>Penggolongan<br>Pesawat                                    | Landasan Instrumen |      |     |       | Landasan Non Instrumen |      |     |       | Garis tengah<br>taxiway pada<br>Garis<br>Tengah<br><i>Taxiway</i> (m) | Garis<br>Tengah<br><i>Taxiway</i><br>pada suatu<br>Obyek<br>Tetap (m) | Pesawat<br>Udara yang<br>berada di<br>garis tengah<br><i>Taxiway</i><br>dengan<br>obyek tetap<br>(m) |
|   | 1                  | 2    | 3   | 4     | 1                      | 2    | 3   | 4     |   |   |  |
| A / I   | 82,5               | 82,5 | -   | -     | 37,5                   | 47,5 | -   | -     | 23,75   | 16,25   | 12   |
| B / II  | 87                 | 87   | -   | -     | 42                     | 52   | -   | -     | 33,5  | 21,5  | 16,5   |
| C / III   | -                  | -    | 168 | -     | -                      | -    | 93  | -     | 44  | 26  | 24,5   |
| D / IV  | -                  | -    | 176 | 176   | -                      | -    | 101 | 101   | 66,5  | 40,5  | 36   |
| E / V   | -                  | -    | -   | 182,5 | -                      | -    | -   | 107,5 | 80  | 47,5  | 42,5   |
| F / VI  | -                  | -    | -   | 190   | -                      | -    | -   | 115   | 97,5  | 57,5  | 50,5   |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

#### 2.4.2.2 Dimensi *Taxiway*

Perencanaan dimensi *taxiway* juga harus memperhatikan tentang faktor keamanan, hal tersebut dikarenakan pergerakan pesawat yang sangat cepat, ketika cockpit menuju *taxiway* yang diperhatikan adalah garis tengah dan jarak diantaranya harus terbebas dari hambatan terutama di luar roda pesawat dan ujung dari *taxiway*. Adapun nilai minimum untuk dimensi *taxiway* dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.14** Dimensi *Taxiway*

| Code letter | Penggolongan Pesawat | Lebar <i>Taxiway</i> (m) | Jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi <i>taxiway</i> (m) |
|-------------|----------------------|--------------------------|---|
| A           | I                    | 7,5                      | 1,5   |
| B           | II                   | 10,5                     | 2,25  |
| C           | III                  | 15 <sup>A</sup>          | 3 <sup>A</sup>  |
|             |                      | 18 <sup>B</sup>          | 4,5 <sup>B</sup>  |
| D           | IV                   | 18 <sup>C</sup>          | 4,5   |
|             |                      | 23 <sup>D</sup>          |   |
| E           | V                    | 25                       | 4,5   |
| F           | VI                   | 30                       | 4,5   |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

#### Keterangan

- A. Bila *taxiway* digunakan pesawat dengan roda dasar kurang dari 18 m.
- B. Bila *taxiway* digunakan pesawat dengan seperempat roda dasar lebih dari 9 m.
- C. Bila *taxiway* digunakan pesawat dengan roda putaran kurang dari 9 m.
- D. Bila *taxiway* untuk pesawat dengan seperempat roda putaran Lebih dari 9 m.

#### 2.4.2.3 Taxiway Shoulders

Seperti halnya pada *runway*, bagian lurus dari *taxiway* harus dilengkapi dengan bahu di setiap sisinya.

**Tabel 2.15** *Taxiway Shoulder Minimum*

| Code letter | Penggolongan Pesawat | Lebar minimum bahu <i>Taxiway</i> bagian lurus (m) |
|-------------|----------------------|--|
| A           | I                    | 25   |
| B           | II                   | 25   |
| C           | III                  | 25   |
| D           | IV                   | 38   |
| E           | V                    | 44   |
| F           | VI                   | 60   |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

#### 2.4.2.4 Taxiway Longitudinal Slopes

Kemiringan memanjang maksimum *taxiway* dapat dilihat pada tabel berikut.

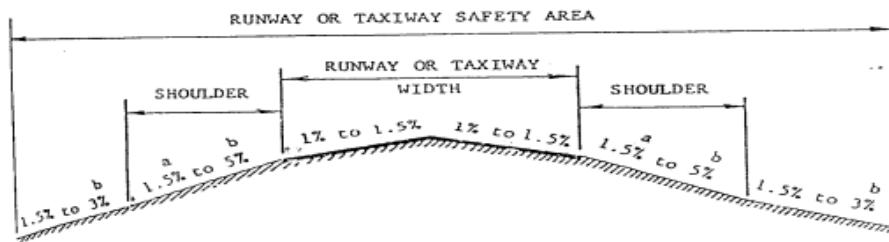
**Tabel 2.16** Kemiringan memanjang maksimum *taxiway*

| Code letter | Penggolongan pesawat | Kemiringan memanjang (%) | Perubahan maksimum kemiringan (%) / (m) | Jari-jari peralihan minimum (m) |
|-------------|----------------------|--------------------------|---|---------------------------------|
| A           | I                    | 3                        | 1 per 25                                | 2500                            |
| B           | II                   | 3                        | 1 per 25                                | 2500                            |
| C           | III                  | 1,5                      | 1 per 30                                | 3000                            |
| D           | IV                   | 1,5                      | 1 per 30                                | 3000                            |
| E           | V                    | 1,5                      | 1 per 30                                | 3000                            |
| F           | VI                   | 1,5                      | 1 per 30                                | 3000                            |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

#### 2.4.2.5 Taxiway Transversal Slope

Kemiringan melintang dari *taxiway* harus dapat mencegah terjadinya genangan air dan tidak kurang dari 1%.



**Gambar 2.8** Kemiringan melintang *taxiway*

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

**Tabel 2.17** kemiringan melintang maksimum *Taxiway*

| Code letter | Penggolongan Pesawat | Kemiringan Melintang (%) |
|-------------|----------------------|--------------------------|
| A           | I                    | 2                        |
| B           | II                   | 2                        |
| C           | III                  | 1,5                      |
| D           | IV                   | 1,5                      |
| E           | V                    | 1,5                      |
| F           | VI                   | 1,5                      |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

#### 2.4.2.6 Taxiway Strips

Terdapat jarak minimum antara bagian tengah strips dan garis tengah *taxiway*, sesuai dengan tabel berikut ini.

**Tabel 2.18** *Taxiway Strips*

| Code letter /<br>Penggolongan<br>Pesawat | Jarak minimum Bagian<br>Tengah strip Garis<br>Tengah Taxiway (Harus<br>Graded Area) (m) | Maksimum<br>Kemiringan keatas<br>yang diratakan (%) | Maksimum<br>kemiringan<br>kebawah yang<br>diratakan (%) |
|--|---|---|---|
| A / I                                    | 11  | 3   | 5   |
| B / II                                   | 12,5  | 3   | 5   |
| C / III                                  | 12,5  | 2,5   | 5   |
| D / IV                                   | 19  | 2,5   | 5   |
| E / V                                    | 22  | 2,5   | 5   |
| F / VI                                   | 30  | 2,5   | 5   |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

Terdapat pula jarak minimum setelah belokan *taxiway*, sesuai dengan tabel berikut ini.

**Tabel 2.19** Jarak lurus minimum setelah belokan *taxiway*

| Code letter | Penggolongan Pesawat | Jarak lurus setelah belokan (m) |
|-------------|----------------------|---------------------------------|
| A           | I                    | 35                              |
| B           | II                   | 35                              |
| C           | III                  | 75                              |
| D           | IV                   | 75                              |
| E           | V                    | 75                              |
| F           | VI                   | 75                              |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

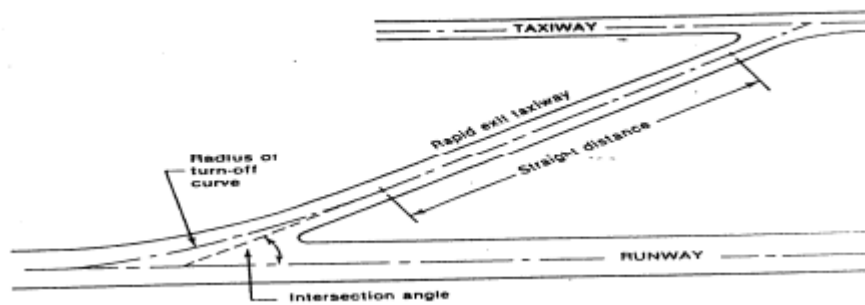
#### 2.4.2.7 *Rapid Exit Taxiway*

**Tabel 2.20** Jari-jari minimum *taxiway*

| Code letter /<br>Penggolongan<br>Pesawat | Kecepatan pesawat<br>dalam keadaan basah<br>(km/jam) | Jari-jari minimum<br>belokan jalan<br>pesawat (m) | Sudut potong<br>antara <i>rapid exit<br/>taxiway</i> dengan<br><i>runway</i> (°) |
|--|--|---|--|
| A / I                                    | 65   | 275   | 30   |
| B / II                                   | 65   | 275   | 30   |
| C / III                                  | 93   | 550   | 30   |
| D / IV                                   | 93   | 550   | 30   |
| E / V                                    | 93   | 550   | 30   |
| F / VI                                   | 93   | 550   | 30   |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)





**Gambar 2.9** Penampang Jari-jari *Rapid Exit Taxiway*

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

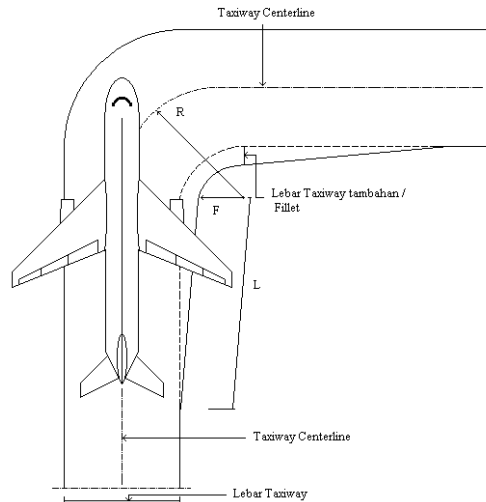
#### 2.4.2.8 *Fillet Taxiway*

*Fillet taxiway* merupakan bagian tambahan dari perkerasan yang disediakan pada persimpangan *taxiway* untuk memfasilitasi beloknya pesawat terbang agar tidak tergelincir keluar jalur perkerasan yang ada.

**Tabel 2.21** Tabel dimensi *Fillet Taxiway*

| Code letter<br>/<br>Penggolong<br>an Pesawat | Putaran<br>taxiway<br>(R) (m) | Panjang<br>dari<br>peralihan ke<br>fillet (L)<br>(m) | Jari-jari fillet<br>untuk jugmental<br>oversteering<br>symetrical<br>widdening (F)<br>(m) | Jari-jari fillet untuk<br>jugmental<br>oveersteering one<br>side widdening (F)<br>(m) | Jari-jari fillet<br>untuk<br>tracking<br>centreline (F)<br>(m) |
|--|-------------------------------|--|---|---|--|
| A / I  | 22,5                          | 15   | 18,75   | 18,75   | 18   |
| B / II                                       | 22,5                          | 15   | 17,75   | 17,75   | 16,5   |
| C / III                                      | 30                            | 45   | 20,4  | 18  | 16,5   |
| D / IV                                       | 45                            | 75   | 31,5 - 33   | 29-30   | 25   |
| E / V  | 45                            | 75   | 31,5 – 33   | 29-30   | 25   |
| F / VI                                       | 45                            | 75   | 31,5 - 33   | 29-30   | 25   |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)



**Gambar 2.10** Lebar taxiway tambahan (Fillet)

**Tabel 2.22** Jari-jari Fillet taxiway

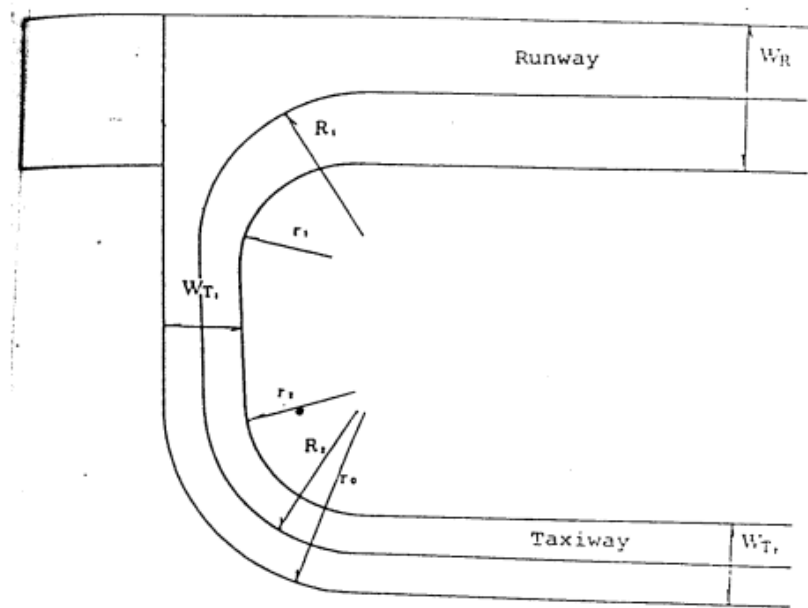
| Kode huruf | Lebar paralel taxiway<br>( $W_{T2}$ ) (m) | Lebar dari dan keluar<br>taxiway ( $W_{T1}$ ) (m) |
|------------|---|---|
| A          | 15  | 40  |
| B          | 18  | 26,5  |
| C          | 23  | 26,5  |
| D          | 30  | 26,5  |
| E          | 30  | 23  |
| F          | 45  | 18  |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

**Tabel 2.23** jari-jari Fillet

| Code letter<br>/<br>Penggolong<br>an Pesawat | Lebar<br>Runway<br>( $W_R$ ) (m) | Lebar<br>paralel<br>taxiway<br>( $W_{T2}$ ) (m) | Lebar dari<br>dan keluar<br>taxiway<br>( $W_{T1}$ ) (m) | $R_1$ | $R_2$ | $r_0$ | $r_1$ | $r_2$ |
|--|----------------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| A / I  | 18                               | 15  | 40  | 30    | 30    | 39    | 25    | 25    |
| B / II                                       | 23                               | 18  | 26,5  | 41,5  | 30    | 41,5  | 25    | 30    |
| C / III                                      | 30                               | 23  | 26,5  | 41,5  | 31,5  | 53    | 25    | 35    |
| D / IV                                       | 45                               | 30  | 26,5  | 30    | 60    | 71,5  | 35    | 55    |
| E / V  | 45                               | 30  | 23  | 60    | 60    | 71,5  | 35    | 55    |
| F / VI                                       | 60                               | 45  | 18  | 60    | 60    | 75    | 45    | 50    |

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)



**Gambar 2.11** Jari-jari *Fillet*

(Sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan Udara)

#### 2.4.3 *Exit Taxiway*

Pada bandara yang cukup sibuk, exit taxiway harus ditempatkan pada titik penting sepanjang *runway*. Hal ini dimaksudkan agar pesawat landing dapat meninggalkan *runway* secepat mungkin sehingga *runway* dapat digunakan pesawat lain. Kemungkinan mempercepat pesawat meninggalkan runway tergantung pada *exit taxiway*.

Terdapat 3 tipe sudut exit taxiway yaitu 30°, 45°, 90°. *Exit taxiway* dengan sudut 30° disebut *rapid exit taxiway* atau *high speed exit taxiway*.

Faktor-faktor yang menjadi penentu lokasi untuk *exit taxiway*, adalah :

- Jarak threesold untuk *touchdown*
- Kecepatan *touchdown*
- Kecepatan awal keluar *exit taxiway*
- Perlambatan rata-rata

Hanya untuk tujuan perencanaan *Exit Taxiway*, kecepatan pesawat sewaktu touchdown dianggap rata-rata 1.3 kali kecepatan stall, pada konfigurasi pendaratan dengan rata-rata berat pendaratan kotor 85% dari maximum. Kemudian pesawat dibagi dalam grup-grup seperti tabel 2.24 berdasarkan kecepatan touchdowannya.

**Tabel 2.24** Klasifikasi Pesawat Untuk Perencanaan *Exit Taxiway*

| Design Group | Kecepatan Touchdown                                       | Pesawat               |
|--------------|---|-----------------------|
| <b>I</b>     | Kurang dari 167 km/jam<br>(90 knot)                       | Bristol Freighter 170 |
|              |   | DC-3                  |
|              |   | DC-4                  |
|              |   | F-27                  |
| <b>II</b>    | Antara 169 km/jam - 222<br>km/jam (91 knot - 120<br>knot) | Bristol Britania      |
|              |   | DC-6                  |
|              |   | F-28 MK 100           |
|              |   | Viscount 800          |
| <b>III</b>   | Lebih dari 224 km/jam<br>(121 knots)                      | B-707                 |
|              |   | B-727                 |
|              |   | B-737                 |
|              |   | B-747                 |
|              |   | Airbus                |
|              |   | DC-8                  |
|              |   | DC-9                  |
|              |   | DC-10                 |
|              |   | L-1011                |
|              |   | Trident               |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni .  
Bandung. 1990 Hal. 203)

Jarak dari touchdown ke lokasi exit taxiway ideal dapat diperkirakan dengan formula berikut ini (Ashford dan Wright, 1984)

$$D = \frac{(V_{ul})^2 - (V_e)^2}{2A} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

D = Jarak exit taxiway dari titik touchdown

Vul = Kecepatan touchdown di *runway* (m/dt)

Ve = Kecepatan awal keluar *runway* (m/dt)

A = Perlambatan (m/dt<sup>2</sup>)

Jarak dari ujung *runway* hingga pesawat mencapai kecepatan keluar *exit taxiway* (S) adalah sebagai berikut (Ashford dan Wright, 1984)

$$S = D1 - D2$$

$$S = \frac{(Vtd)^2 - (Vul)^2}{2a_1} - \frac{(Vul^2) - (Ve^2)}{2a_2} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

S = Jarak dari ujung runway ke *exit taxiway* (m)

D1 = Jarak dari ujung runway ke titik *touchdown* (m)

D2 = Jarak exit taxiway dari titik *touchdown* (m)

Vul = Kecepatan pendaratan pesawat (m/dt)

Vtd = Kecepatan *touchdown runway* (m/dt)

Ve = Kecepatan awal keluar *runway* (m/dt)

a1 = Perlambatan di udara (m/dt<sup>2</sup>)

a2 = Perlambatan di darat (m/dt<sup>2</sup>)

Catatan :

- Jarak D diperpanjang 3% untuk setiap penambahan 300 diatas muka air laut (MSL : Mean Sea Level)
- Jarak diperpanjang 1% untuk setiap kenaikan suhu 5,6 °C di atas 15 °C (Sumber: Horonjeff & McKelvey, 1988)

Jarak Touchdown dianggap 300 m (1000 ft) untuk pesawat grup I dan 450 m (1500 ft) untuk pesawat grup II dan III.

#### 2.4.4 APRON

Fungsi Apron (Annex 14 dari ICAO) adalah sebagai tempat parkir pesawat yang mana terdapat beberapa aktifitas yang dilakukan pada saat parkir tersebut, yaitu :

1. Menurunkan atau menaikkan penumpang kepesawat. Setelah penumpang turun dari pesawat, mereka bergerak menuju gedung terminal.
2. Menurunkan atau menaikkan barang ke pesawat. Yang dimaksud barang yaitu bagasi penumpang, paket/kargo dan pos.
3. Mengisi bahan bakar pesawat dan pembersihan bagian dalam pesawat.
4. Melakukan pengecekan dan perbaikan kecil sebelum dan sesudah pesawat melakukan penerbangan .

##### 2.4.4.1 Layout Apron

Dalam mendesain layout apron terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Pertama, layout apron yang paling baik adalah sesuai dengan pemilihan desain gedung terminal. Volume *traffic* pesawat yang akan dilayani merupakan faktor utama dalam penentuan layout apron yang paling efisien. Kedua, metode menaikkan penumpang (passenger loading) ke dalam pesawat. Ada beberapa metode yang dapat digunakan yaitu :

##### a. Direct upper level loading

Metode menaikkan penumpang dengan bantuan loading bridge, sehingga memungkinkan penumpang memasuki pesawat dari lantai atas gedung terminal. Terdapat dua tipe loading bridge, yang pertama adalah the stationary loading bridge. Metode ini menggunakan loading bridge yang pendek yang mana dipasang menerus dari gedung terminal. Pesawat

diparkir secara nose-in dari gedung terminal dan berhenti tepat dipintu yang berlawanan dari pintu masuk loading bridge. Kedua, the apron-drive loading bridge, metode ini menggunakan jembatan yang memiliki lorong pada salah satu ujungnya bertumpu oleh dual-wheel yang dapat diputar. Jembatan ini akan dipasang dan dipanjangkan hingga menyentuh lantai pesawat. Bagian ujungnya lorong yang menyentuh lantai dapat dinaikan atau diturunkan secara signifikan, sehingga memungkinkan pesawat dengan berbagai ketinggian dapat dilayani.

**b. Moveable steps**

Memungkinkan penumpang memasuki pesawat menggunakan tangga beroda yang dipasang pada pintu pesawat. Penumpang dapat memasuki daerah apron dengan berjalan menggunakan bus yang disediakan oleh pihak bandara.

**c. Passenger transporter**

Metode ini penumpang menaiki bus atau alat perpindahan khusus dari gedung terminal menuju lokasi parkir pesawat yang bersifat remote. Lalu penumpang dapat menggunakan tangga yang tersedia untuk menaiki pesawat.

**d. Aircraft-continued steps**

Metode ini hampir sama dengan moveable steps namun hanya dapat digunakan oleh pesawat yang telah dilengkapi oleh tangga untuk menaik-turunkan penumpang. Setelah pesawat berhenti, kru pesawat menurunkan tangga tersebut, penumpang memasuki daerah apron dengan berjalan atau



menggunakan bus yang telah disediakan. Lalu penumpang dapat langsung berjalan menaiki tangga masuk ke dalam pesawat.

#### **2.4.4.2 Desain Konsep Apron**

Desain konsep apron berkaitan dengan erat dengan konsep gedung terminal. Terdapat beberapa konsep apron dengan karakteristiknya masing-masing. Berikut ini adalah karakteristik dari konsep apron :

##### **a. Simple Concept**

Konsep ini digunakan untuk bandara dengan volume penerbangan yang kecil. Pesawat pada umumnya diparkir dengan nose-in atau nose-out untuk taxi in dan taxi-out. Hal ini perlu diperhatikan adalah menyediakan jarak bebas yang cukup antara ujung apron dan sisi udara muka terminal. Apabila hal ini tidak dapat dihindari maka perlu dipasang pagar pembatas agar udara dari mesin jet pesawat tidak mengganggu.

##### **b. Linear Concept**

Konsep ini dapat dikatakan sebagai kemajuan dari simple concept. Pesawat dapat diparkir bersudut atau paralel. Pada umumnya pesawat parkir dengan konsep nose-in/nose-out. Pesawat dengan mudah melakukan manuver pada saat taxiing di gate. Namun push-out dapat sedikit mengganggu kegiatan pesawat lainnya pada saat di apron. Koridor antara apron dan muka gedung terminal dapat digunakan untuk sirkulasi pergerakan apron dan daerah sekitar hidung pesawat yang terparkir dapat digunakan sebagai daerah ground service equipment.

**c. Pier Concept**

Terdapat beberapa variasi dari konsep ini tergantung dari besarnya pier. Pesawat dapat diparkir di gate dikedua sisi pier secara bersudut, paralel atau perpendicular (nose-in). Keuntungan konsep ini adalah semua pesawat dekat dengan gedung terminal.

**d. Satellite Concept**

Konsep ini terdiri dari beberapa unit satelit yang dikelilingi oleh beberapa gate position pesawat dan terpisah dari gedung terminal. Penumpang menuju satelit dari gedung terminal melalui underground atau elacated corridor sebagai media terbaik untuk melalui daerah apron. Tergantung dai bentuk satelit, pesawat dapat diparkir dengan radial, paralel atau cara yang lain. Kerugian dari konsep ini adalah sulitnya melakukan pengembangan apron karena seluruh unit satelit perlu dilakukan konstruksi ulang apabila dibutuhkan penambahan gate position.

**e. Transporter (open) Apron Concept**

Konsep ini dapat disebut juga sebagai apron bergerak atau konsep transporter. Apron terletak secara ideal untuk pesawat. Contohnya, apron dekat dengan runway. Konsep ini memberikan keuntungan untuk handling pesawat, seperti jarak taxiing lebih pendek, mudah melakukan anuver dan fleksibilitas yang cukup. Namun, konsep ini memerlukan alat transportasi untuk memindahkan penumpang, bagasi, dan kargo.

#### **f. Hybrid Concept**

Konsep ini memadukan lebih dari satu konsep apron yang telah disebutkan sebelumnya. Pada umumnya konsep transporter dikombinasikan dengan konsep lainnya agar dapat melayani peak traffic.

#### **2.4.4.3 Dimensi Apron**

Apron yang tersedia di bandara harus dapat melayani semua kebutuhan naik dan turunnya penumpang, kargo dan pos tanpa mengganggu lalu lintas aerodrome. Total ruang parkir yang tersedia harus dapat mencukupi semua jumlah pesawat dengan kepastian kepadatan traffic yang paling tinggi. Sehingga tidak diperbolehkannya terjadi penumpukan pesawat dimana pesawat yang seharusnya diparkir tidak dapat melakukannya karena tidak tersedia tempatnya (ICAO,2009).

Beberapa hal yang akan mempengaruhi perencanaan luas apron adalah ukuran gate position, jumlah gate position dan sistm parkir pesawat.

##### **a. Ukuran gate position**

Untuk perhitungan gate position diperlukan data wingspan, panjang badan pesawat, dan jari-jari perputaran minimum pesawat saat keluar/masuk dari dan ke gate position. Untuk perhitungan FAA dan ICAO menggunakan jarak bebas minimum yang telah di tetapkan seperti pada tabel 2.25 berikut:

**Tabel 2.25** Jarak antara hidung pesawat dengan gedung terminal

| Tipe Pintu | Jarak Antara Hidung Pesawat dengan Gedung Terminal |
|------------|--|
| A          | 30 ft/9 m  |
| B          | 20 ft/6 m  |
| C          | 20 ft/6 m  |
| D          | 15 ft/4.5 m  |

(Sumber: FAA AC 150/5360-13, *Planning And Design Guidelines For Airport Facilities*)

**b. Jumlah Gate Position**

Untuk perhitungan jumlah gate position diperlukan data mengenai volume lalu udara pada jam sibuk (peak hour) dan lama parkir pesawat di apron. Dalam perhitungan jumlah gate position menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut :

$$G = \frac{VT}{U}$$

Dimana :

G = Jumlah Gate

V = Volume desain (gerakan/jam)

T = waktu pemakaian parkir di gate (jam).

U = factor pemakaian gate (0.5 – 0.6 jika gate hanya digunakan hanya untuk per jenis perusahaan penerbangan dan 0.6 – 0.8 jika gate bisa digunakan untuk semua jenis perusahaan penerbangan).

### **c. Sistem Parkir Pesawat**

Tipe parkir pesawat berhubungan dengan cara bagaimana pesawat ditempatkan yang berkenaan dengan gedung terminal dan manuver pesawat dan keluar dari pintu hubung. Tipe parkir pesawat merupakan faktor yang penting, yang mempengaruhi luas daerah apron. Pesawat dapat ditempatkan dengan berbagai sudut terhadap gedung terminal dan dapat masuk atau keluar dari pintu hubung dengan kekuatan sendiri atau dengan bantuan alat penarik/pendorong. Dengan menggunakan alat penarik atau pendorong pesawat, terdapat kemungkinan untuk mengurangi ukuran posisi parkir.

#### **1. Tipe Parkir Hidung ke Dalam**

Dalam konfigurasi hidung kedalam (nose-in) pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal, dengan hidung pesawat berjarak sedekat mungkin dengan gedung terminal. Pesawat melakukan manuver ke dalam posisi parkir tanpa bantuan alat penarik. Untuk meninggalkan pintu-hubung, pesawat harus didorong sampai suatu jarak yang cukup untuk memungkinkan pesawat itu bergerak dengan kekuatan sendiri. Keuntungan dari konfigurasi ini adalah membutuhkan daerah pintu-hubung yang paling kecil untuk sebuah pesawat yang dibutuhkan, menimbulkan tingkat kebisingan yang lebih rendah karena meninggalkan pintu hubung tidak dengan kekuatan mesin sendiri, tidak menimbulkan semburan jet pada gedung terminal, dan memudahkan penumpang naik ke pesawat karena hidung pesawat terletak dekat dengan gedung terminal. Kerugiannya adalah harus disediakan alat pendorong/penarik pesawat dan hidung pesawat

terlalu jauh sehingga pintu belakang pesawat tidak dapat digunakan secara efektif oleh penumpang.

## **2. Tipe Parkir Hidung ke Dalam Bersudut**

Konfigurasi ini adalah serupa dengan konfigurasi hidung ke dalam (nose-in) tetapi pesawat tidak diparkir tegak lurus dengan gedung terminal. Keuntungan konfigurasi ini adalah pesawat dapat memasuki dan keluar dari pintu-hubung dengan kekuatan mesin sendiri. Meskipun demikian, konfigurasi ini membutuhkan daerah parkir yang lebih luas dan menimbulkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi daripada konfigurasi hidung ke dalam.

## **3. Tipe Parkir Hidung ke Luar Bersudut**

Dalam konfigurasi ini, pesawat diparkir dengan hidungnya menjauhi gedung terminal. Seperti konfigurasi hidung ke dalam bersudut, keuntungan dari konfigurasi ini adalah bahwa pesawat dapat memasuki atau ke luar dari pintu-hubung dengan kekuatan mesin sendiri. Konfigurasi ini membutuhkan daerah parkir yang lebih luas. Kerugian dari konfigurasi ini adalah bahwa semburan jet dan kebisingan diarahkan ke gedung terminal ketika mesin pesawat dihidupkan.

## **4. Tipe Parkir Sejajar**

Konfigurasi ini adalah yang paling mudah dipandang dari sudut manuver pesawat. Dalam hal ini semburan jet dikurangi, karena tidak memerlukan gerakan pemutaran yang tajam. Meskipun demikian konfigurasi ini membutuhkan daerah parkir yang lebih besar, terutama di sepanjang permukaan gedung terminal. Keuntungan lainnya dari

konfigurasi ini adalah baik pintu depan maupun pintu belakang pesawat digunakan oleh penumpang untuk naik dan turun dari pesawat.

## **2.5 Metode Perencanaan Perkerasan**

Perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan daya dukung dan kekerasan yang berlainan. Perkerasan pada bandar udara memiliki fungsi sebagai tumpuan untuk menahan beban pesawat secara aman dan nyaman selama umur rencana. Untuk memenuhi fungsi tersebut struktur harus :

1. Dapat mereduksi tegangan yang terjadi akibat beban pesawat sampai batasan yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar, tanpa menimbulkan perbedaan lendutan dan penurunan yang dapat merusak perkerasan.
2. Direncanakan/didesain sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, pengaruh cuaca serta kondisi lingkungan.

Dalam merencanakan perkerasan bandar udara, baik perencanaan perkerasan *runway* (landas pacu), *taxiway*, *exit taxiway*, *apron* menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan kaku (*rigid pavement*) dapat menggunakan metode yang berbeda-beda. Adapun metode perencanaan perkerasan lapangan terbang tersebut, antara lain :

- a. Metode US Corporation Of Engineers lebih dikenal dengan metode CBR
- b. Metode FAA (Federal Aviation Administration)
- c. Metode LCN (Load Classification Number) dari Inggris

- d. Metode Asphalt Institute
- e. Metode Canadian Departemnt Of Tranportation.

### 2.5.1 Perencanaan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Metode FAA

Metode perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh FAA ,ada beberapa klasifikasi tanah yang disyaratkan pada analisa saringan, Liquid Limit, Plasticity Index. Namun demikian, untuk menentukan baik atau buruknya jenis tanah tidak bisa berdasarkan analisa laboratorium saja, perlu dilakukan penelitian di lapangan terutama yang berhubungan dengan sistem drainase, topografi, jenis-jenis lapisan tanah, serta evaluasi tanah yang akan berpengaruh terhadap sistem drainase.

**Tabel 2.26** Klasifikasi tanah untuk metode perkerasan FAA

| Grup Tanah     | Analisa Saringan                             |   |   |  | Liquid limit | Plasti city Index | Subgrade Class |                |
|----------------|--|---|---|--|--------------|-------------------|----------------|----------------|
|                | Presentase bahan ter-tahan sa- ringan No. 10 | Bahan lebih kecil dari Saringan No.10 (%)                 |   |  |              |                   | Drainage baik  | Drainage jelek |
|                |  | Pasir kasar lolos sari- ringan No. 10 tapi ditahan No. 40 | Pasir halus lewat sa- ringan No. 40 ditahan No. 200 | Campuran lumpur dan tanah liat lolos No. 200 |              |                   |                |                |
| Kerikil        |  |   |   |  |              |                   |                |                |
| E-1            | 0 - 45                                       | 40 +  | 60 -  | 15 -   | 25 -         | 6 -               | Fa atau Fa     | Fa atau Ra     |
| E-2            | 0 - 45                                       | 15 +  | 85 -  | 25 -   | 25 -         | 6 -               | Fa atau Ra     | F1 atau Ra     |
| E-3            | 0 - 45                                       |   |   | 25 -   | 25 -         | 6 -               | F1 atau Ra     | F2 atau Rb     |
| E-4            | 0 - 45                                       |   |   | 35 -   | 35 -         | 10 -              | F1 atau Ra     | F3 atau Rb     |
| Butiran Halus, |  |   |   |  |              |                   |                |                |
| E-5            | 0 - 55                                       |   |   | 45 -   | 40 -         | 15 -              |                | F3 atau Rb     |
| E-6            | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 40 -         | 10 -              |                | F4 atau Rc     |
| E-7            | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 50 -         | 10-30             |                | F5 atau Rc     |
| E-8            | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 60 -         | 15-40             |                | F6 atau Rc     |
| E-9            | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 40 +         | 30 -              |                | F7 atau Rd     |
| E-10           | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 70 -         | 20-50             |                | F8 atau Rd     |
| E-11           | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 80 -         | 30 +              |                | F9 atau Re     |
| E-12           | 0 - 55                                       |   |   | 45 +   | 80 +         |                   |                | F10 atau Re    |
| E-13           | Tanah gambut, tidak bisa untuk Subgrade      |   |   |  |              |                   |                |                |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990



Pada tabel 2.27 ditunjukkan jenis tanah mana yang baik untuk subgrade perkerasan flexible (F) dan mana yang baik untuk subgrade perkerasan rigid (R)

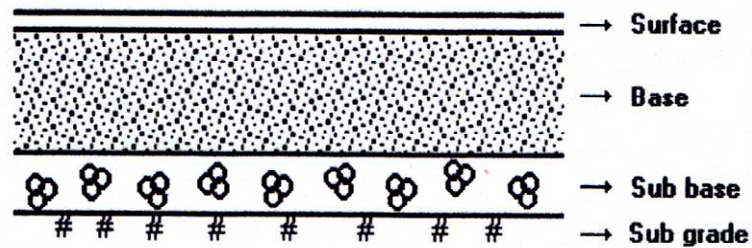
**Tabel 2.27** Hubungan antara harga CBR dengan klasifikasi Subgrade menurut FAA

| Klasifikasi | CBR             |
|-------------|-----------------|
| Fa          | 20 (atau lebih) |
| F1          | 16 – 20         |
| F2          | 13 – 16         |
| F3          | 11 – 13         |
| F4          | 9 – 11          |
| F5          | 8 – 9           |
| F6          | 7 – 8           |
| F7          | 6 – 7           |
| F8          | 5 – 6           |
| F9          | 4 – 5           |
| F10         | 3 - 4           |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990 Hal. 293)

Perencanaan perkerasan lentur dengan metode FAA (Federal Aviation Administration) pada dasarnya dikembangkan dari metode CBR yang telah ada. Dalam perencanaannya, identifikasi adalah penting bagi perencanaan struktur perkerasan/ jenis dan kekuatan tanah dasar (Subgrade) mendukung perkerasan dan beban-beban yang berada pada permukaan perkerasan. Fungsi perkerasan itu sendiri adalah menyebarkan

beban ke tanah dasar dan makin besar kemampuan tanah dasar untuk memikul beban, tebal perkerasan yang dibutuhkan adalah makin kecil.



**Gambar 2.12** Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

Struktur perkerasan lentur didukung sepenuhnya oleh tanah dasar. Didalam menentukan ketebalan perkerasan, diperlukan nilai CBR dan material subgrade, nilai CBR lapisan Subbase, MTOW dan jumlah annual departure dari pesawat rencana beserta pesawat-pesawat yang dikonversi.

Dalam perhitungan tebal perkerasan lentur dengan metode FAA ada variabel yang harus diketahui, yaitu :

- a. MTOW (Maximum Take Off Weight)
- b. Tipe roda pendaratan tiap pesawat
- c. Jumlah keberangkatan pesawat tahunan (Annual Departure)
- d. Nilai CBR tiap-tiap lapisan

Langkah-langkah merencanakan tebal perkerasan dengan metode FAA, sebagai berikut :

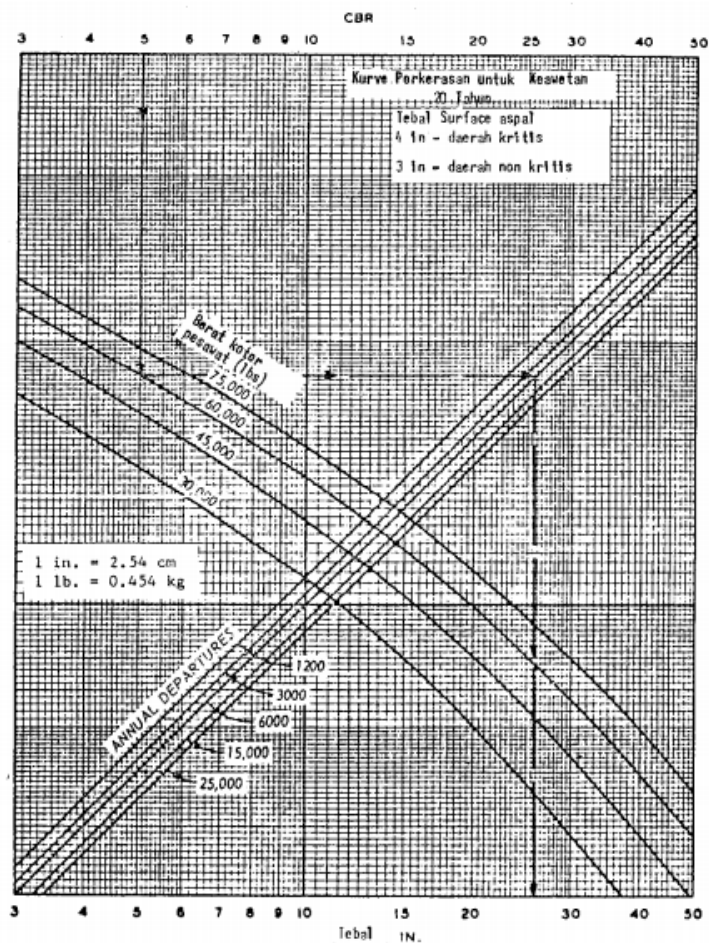
1. Menentukan pesawat rencana

Dalam perhitungan tebal perkerasan lentur dengan metode FAA perlu ditentukan terlebih dahulu pesawat rencana yaitu pesawat yang

menghasilkan ketebalan perkerasan paling besar, pesawat rencana tidak selalu yang memiliki beban terberat.

Untuk menentukan pesawat yang menghasilkan ketebalan paling besar, dengan cara dibawah ini

- a. Untuk pesawat dengan tipe pendaratan Single Wheel Gear, dapat dibaca dengan menggunakan kurva hubungan antara MTOW dan klasifikasi sub grade menurut FAA.

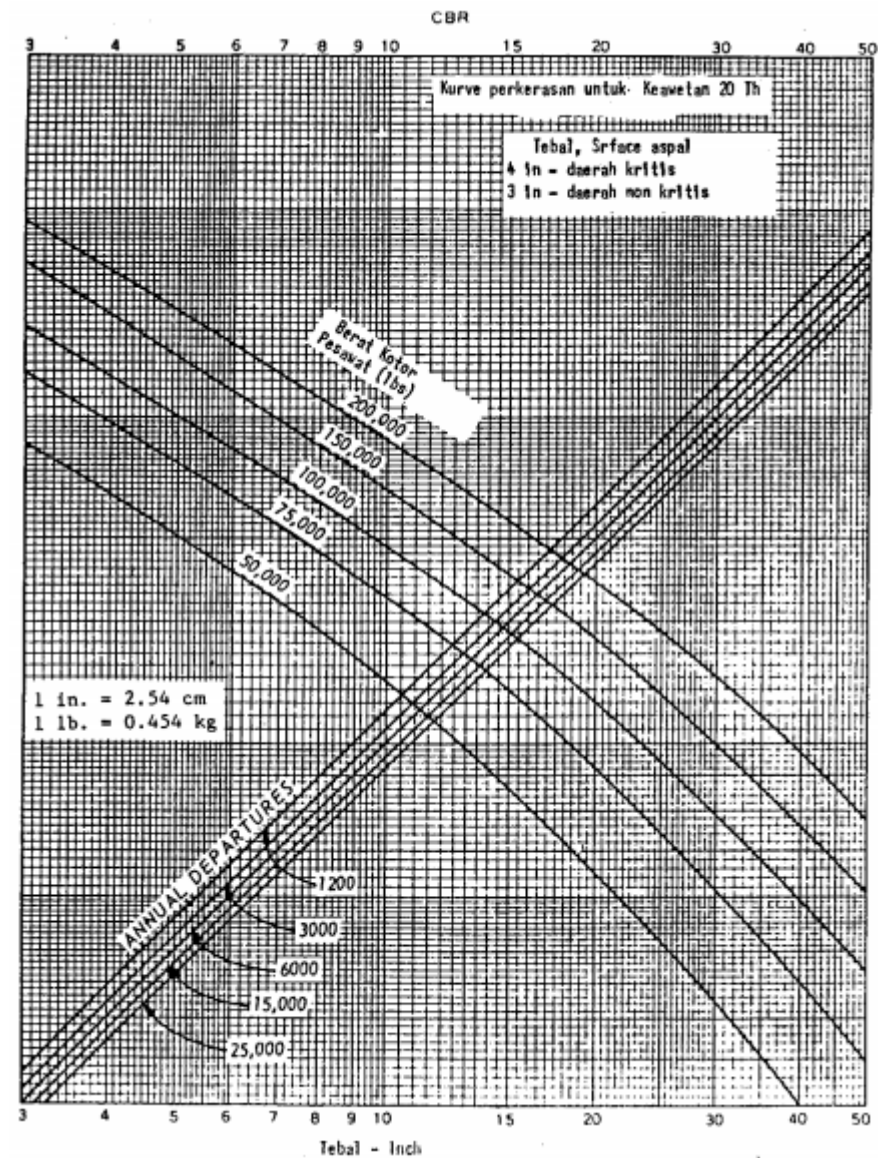


**Gambar 2.13** Kurva rencana perkerasan flexible untuk daerah kritis

Singel Wheel Gear

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

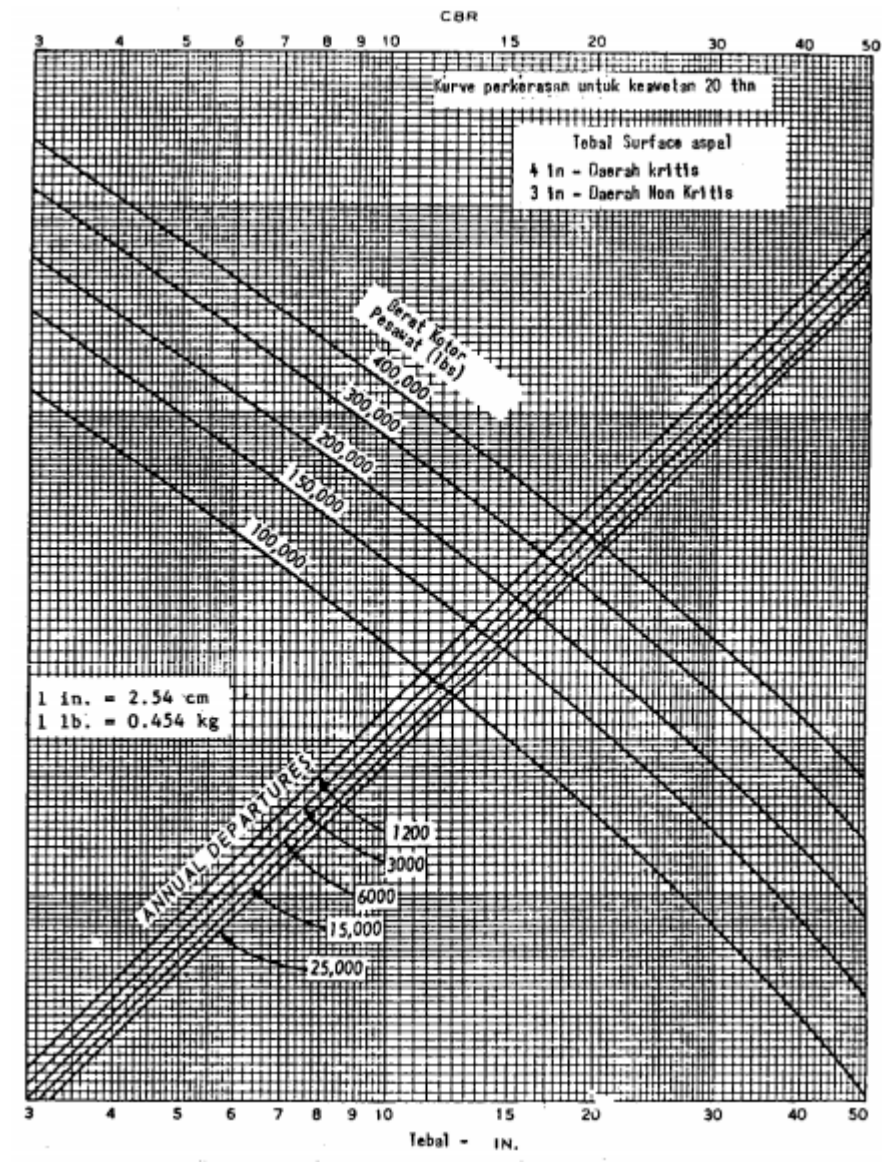
- b. Untuk pesawat dengan tipe roda pendaratan Dual Wheel Gear, dapat dibaca dengan menggunakan kurva hubungan antara MTOW dan klasifikasi sub grade menurut FAA.



**Gambar 2.14** Kurva rencana perkerasan flexible untuk daerah kritis  
Dual Wheel Gear

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

- c. Untuk pesawat dengan tipe roda pendaratan Dual Tandem Wheel Gear, dapat dibaca dengan menggunakan kurva hubungan antara MTOW dan klasifikasi subgrade menurut FAA.



**Gambar 2.15** Kurva rencana perkerasan flexible untuk daerah kritis

Dual Tandem Wheel Gear

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

- d. Sedangkan untuk pesawat yang berbadan lebar ada grafik tersendiri, seperti pesawat MD-11, dll.
2. Setelah pesawat rencana ditentukan, langkah selanjutnya menghitung R2 dengan mengkonversikan tipe roda pesawat yang akan mendarat ke tipe roda pesawat rencana dan berdasarkan perkiraan annual departure.

Besarnya R2 dihitung dengan rumus :

$$R2 = \text{Annual Departure} \times \text{Faktor Konversi} \dots \dots \dots (10)$$

**Table 2.28** Konversi Tipe Roda Pesawat

| Konversi dari      | Ke           | Faktor pengali |
|--------------------|--------------|----------------|
| Single wheel       | Dual wheel   | 0,8            |
| Single Wheel       | Dual tandem  | 0,5            |
| Dual wheel         | Dual tandem  | 0,6            |
| Double dual tandem | Dual tandem  | 1,00           |
| Dual tandem        | Single wheel | 2,00           |
| Dual tandem        | Dual wheel   | 1,70           |
| Dual wheel         | Single wheel | 1,30           |
| Double dual tandem | Dual wheel   | 1,70           |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang,

Alumni . Bandung. 1990)

3. Menentukan wheel load tiap tipe pesawat (W2) dengan menganggap 95 % MTOW ditumpu oleh roda pendaratan

$$W2 = \text{MTOW} \times 0,95 \times 1/n \dots \dots \dots (11)$$

Dimana :

W2 : Beban roda pesawat yang lain (lbs)

MTOW : Berat take off maksimum pesawat (lbs)

n : Jumlah roda pada main gear

4. Kemudian menghitung wheel load pesawat rencana (W1), dengan rumus :

$$W1 = MTOW \times 0,95 \times 1/n \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

W1 : Beban roda pesawat rencana (lbs)

MTOW : Berat take off maksimum pesawat (lbs)

n : Jumlah roda pada main gear

5. Setelah itu menghitung R1 (Equivalen Annual Departure) terhadap pesawat rencana, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log}R1 = \text{Log}R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{1/2} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

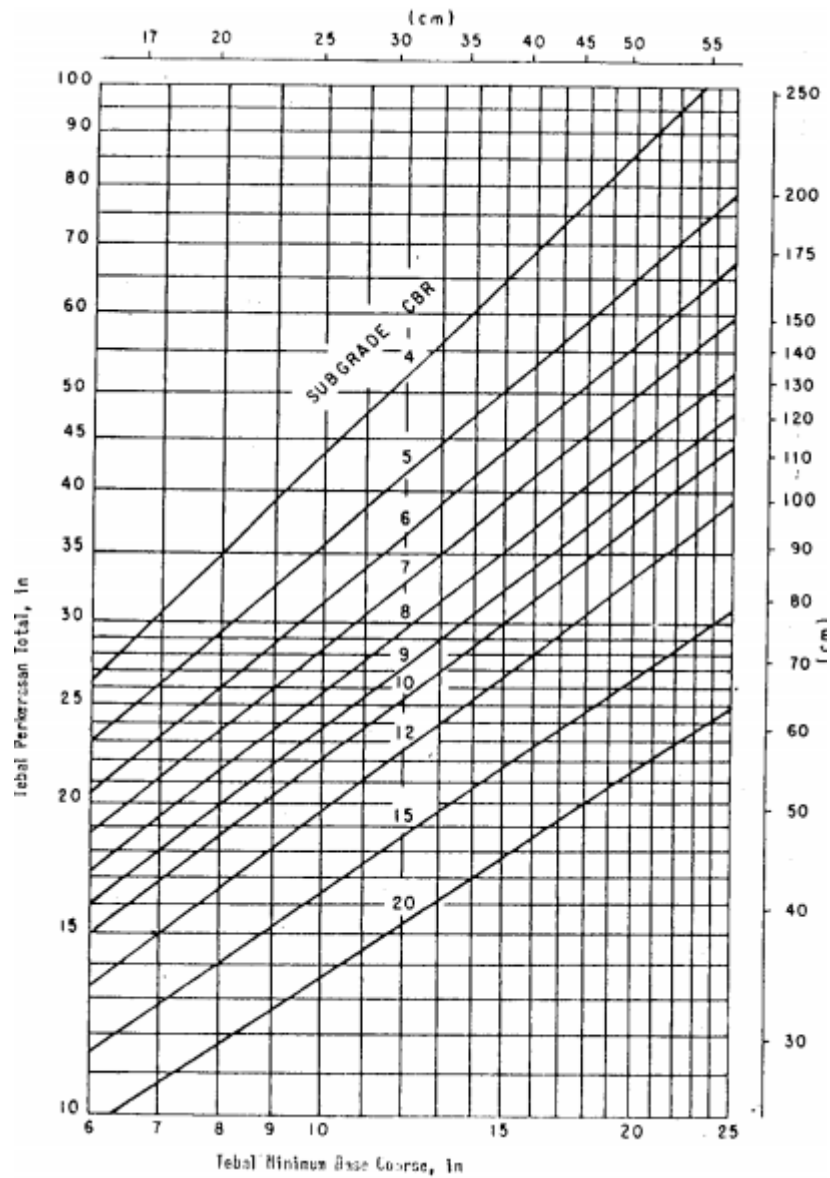
R1 : Equivalen Annual Departure pesawat rencana

R2 : Annual Departure Pesawat yang lain

W1 : Beban Roda Pesawat Rencana

W2 : Beban Roda Pesawat yang lain

6. Untuk pondasi atas perlu dicek ulang ketebalan minimumnya dengan grafik tebal minimum base coarse yang diperlukan. Lapis pondasi atas harus mempunyai tebal minimum 6 inci di daerah-daerah kritis.



**Gambar 2.16** Tebal minimum base Coarse yang diperlukan

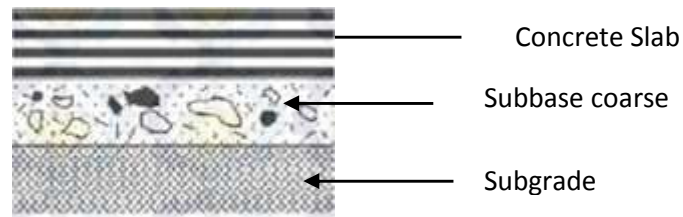
(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni  
. Bandung. 1990)



### 2.5.2 Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Metode FAA

Dalam perencanaan perkerasan kaku dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

- Tanah dasar (subgrade)
- Lapis pondasi bawah (Subbase coarse)
- Lapis permukaan (surface coarse)



**Gambar 2.17** Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

#### A. Tanah Dasar (Subgrade)

Bahan-bahan subgrade dibawah perkerasan kaku harus dipadatkan agar mendapatkan stabilitas yang memadai dan daya dukung yang seragam. Pemadatan meningkatkan density tentunya dengan moisture content yang tepat.

FAA menganjurkan bagi tanah kohesif yang dipakai untuk penimbunan, seluruh timbunannya agar dipadatkan 90 % density maksimum dengan mengikuti prosedur test salah satu dari : FAA-T-611, AASHTO-T-180, ASTM-D-1557 atau Bina Marga PB-0112-76. Untuk tanah kohesif pada tanah galian, bagian atas setebal 15 cm = 6 in. Subgrade agar dipadatkan sebesar 90% density maksimum.

Untuk tanah non kohesif yang dipakai pada penimbunan, bagian atas timbunan 150 mm (6 inch) harus dipadatkan 100% density

maksimum, dan lapisan timbunan lainnya dipadatkan 95% density maksimum. Untuk daerah galian, jenis tanah yang sama, lapisan bagian atas 15 cm (6 inch) harus dipadatkan 100% density maksimum, lapis bawahnya setebal 46 cm (18 inch) harus dipadatkan 95% density maksimum.

Kekuatan Subgrade untuk rencana perkerasan kaku ditentukan dengan testplate bearing dengan menggunakan plat yang jari-jarinya 762 mm (30 inch) prosedur testnya dipakai AASHTO T-222

Dari plate bearing test dapat dihitung “Modulus Of Subgrade Reaction” “Harga K”. Harga K adalah perbandingan beban MN/m<sup>2</sup> atau psi dengan penurunan dari bearing plate dalam meter atau inch.

$$K = \frac{\text{Beban}}{\text{Penurunan}} = \frac{\text{MN/m}^2}{\text{inch}} \text{ atau } \frac{\text{psi}}{\text{inch}} \dots\dots\dots(14)$$

Didapatkan K = MN/m<sup>3</sup> atau PCI (pound percubic inch)

$$1 \text{ MN/m}^2 = 145 \text{ psi}$$

$$1 \text{ MN/m}^3 = 3,68 \text{ psi}$$

## B. Lapis Pondasi Bawah (Subbase coarse)

Lapisan ini dikonstruksikan dengan material kerikil (granular), batu pecah dengan gradasi baik, kerikil campur tanah, bahan kerikil yang diperbaiki dengan semen atau campuran kerikil aspal. Lapisan subbase digelar diatas subgrade dengan fungsi sebagai berikut :

### ➤ Mengatasi dan mengurangi efek pompa

Terjadinya efek pompa, ditimbulkan oleh lapisan subgrade dengan butiran-butiran tanah halus, jenuh air, mengalami penurunan perkerasan berulang-ulang, menyebabkan butiran tanah halus jenuh air tadi seolah-

olah di pompa keatas, sehingga butiran halus terbawa air keatas pada sambungan (joint) aau pada retakan.

Efek pompa pada perkerasan akan terjadi bila terdapat

- Air
  - Butiran tanah yang akan larut menjadi suspensi
  - Lalu lintas
- Memberikan ketahanan terhadap perubahan bentuk akibat kembang dan susut yang berlebihan pada jenis-jenis tanah tertentu. Untuk mendapatkan ketahanan itu, lapisan subbase di stabilisasi dengan semen atau aspal.
- Memperbaiki daya dukung lapisan subgrade, lapisan subbase digelar di atas permukaan subgrade, akan meningkatkan harga K (Modulus of Subgrade Reaction  $\text{MN/m}^3$  atau pci). Tanah dengan harga K yang meningkat itu, selanjutnya akan mengurangi ketebalan perkerasan yang diperlukan.

Peraturan FAA, untuk subbase yang distabilisir memberi sejumlah keuntungan dengan meningkatkan harga K antara lain :

- Didapat lapisan Impermeable, Uniform dan mempunyai daya dukung yang tinggi bagi perkerasan di atasnya.
- Mengurangi kosolidasi subbase.
- Memperbaiki pemindahan beban joint.
- Memperlancar konstruksi, sebab lapisan yang distabilisasi memudahkan pengecoran.

Rekomendasi FAA, untuk Subbase yang distabilisir dengan semen harus mempunyai kuat tekan 750 psi ( $5,18 \text{ MN/m}^2$ ) pada umur 7 hari.

### C. Lapis Permukaan (Surface Coarse)

Lapis permukaan (surface coarse) pada perkerasan kaku berupa slab beton bersambung atau tidak bersambung dengan atau tanpa tulangan. Daya dukung utama pada perkerasan kaku diperoleh dari slab beton.

Kekuatan lapisan permukaan yang berupa slab beton ini dinyatakan dalam kuat lentur beton, yang kemudian dilambangkan dengan nilai MR (modulus of rupture)

Perkerasan kaku, terdiri dari slab-slab beton, digelar diatas subbase coarse yang telah distabilkan (dipadatkan), ditunjang leh lapisan tanah asli dipadatkan disebut subgrade, pada kondisi-kondis tertentu kadang-kadang subbase tidak diperlukan. Perkerasan kaku biasanya dipilih untuk daerah yang mendapat pengaruh panas bast jet dan limpahan minyak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan perkerasan kaku antara lain :

a. Lalu lintas pesawat

Ramalan lepas landas tahunan (annual departure) atau ramalan jumlah pesawat yang akan lepas landas, perkerasan harus dibuat untuk tipe-tipe pesawat yang harus di layani oleh landasan pacu.

b. Ramalan lalu lintas disusun dalam tabel pesawat yang berbeda-beda dengan bermacam berat dan tipe roda pendaratan yang berlainan.

Dalam menghitung tebal perkerasan yang dibutuhkan dipakai berat maksimum pesawat lepas landas. Tipe roda pendaratan menentukan bagaimanaberat pesawat itu dibagi diatas perkerasan dan menentukan reaksi perkerasan terhadap beban pesawat.

- c. Kekuatan subgrade atau kombinasi subbase-subgrade.

Dalam menentukan tebal perkerasan didasarkan pada grafik yang dibuat oleh FAA, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat ramalan annual departure dari tiap-tiap pesawat yang harus dilayani oleh landasan itu. Untuk lapangan terbang yang telah beroperasi beberapa tahun, ramalan dibuat dengan memproyeksikan kecenderungan lalu lintas masa depan dengan menggunakan rumus :

$$F = P \times (1 + i)^n \dots \dots \dots (15)$$

Dimana :

F = Ramalan annual departure

P = Annual departure tahun rencana

i = Tingkat pertumbuhan pesawat dalam %

n = Umur rencana

Annual departure yang lebih dari 25.000 tebal perkerasan harus dikoreksi dengan tabel dibawah ini :

**Tabel 2.29** Tebal Perkerasan Bagi Tingkat Departure >25.000

| Tingkat Annual departure | % 25.000 Annual departure |
|--------------------------|---------------------------|
| 50.000                   | 104                       |
| 100.000                  | 108                       |
| 150.000                  | 110                       |
| 200.000                  | 112                       |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang,

Alumni . Bandung. 1990)

2. Menentukan tipe roda pendarat, menghitung Maximum Take Off Weight (MTOW) dari tiap-tiap tipe pesawat.
3. Menentukan pesawat rencana.
4. Mengkonversikan tipe roda pendarat tiap tipe pesawat yang diramalkan dengan menggunakan tabel konversi. Kemudian dihitung annual departure yang dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana dengan mengalikan faktor konversi.

$$R2 = \text{Annual Departure} \times \text{Faktor Konversi} \dots\dots\dots (16)$$

5. Menentukan wheel load tiap tipe pesawat (W2) dengan menganggap 95% MTOW oleh roda pendaratan. Bagi pesawat berbadan lebar MTOW diatasi sampai 300.000 lbs (136.100 kg) dengan roda dual tandem.

$$W2 = \text{MTOW} \times 0,95 \times 1/n \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

W2 : Beban satu roda pada main gear (lbs)

MTOW : Berat maksimum pesawat lepas landas (lbs)

n : Jumlah roda pada main gear

6. Menentukan berat wheel load pesawat rencana (W1)

$$W1 = \text{MTOW} \times 0,95 \times 1/n \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

W1 : Beban satu roda pada main gear (lbs)

MTOW : Berat maksimum pesawat (lbs)

N : Jumlah roda pada main gear

7. Menghitung equivalent annual departure pesawat rencana dengan rumus :

$$\text{Log}R1 = \text{Log}R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{1/2} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana:

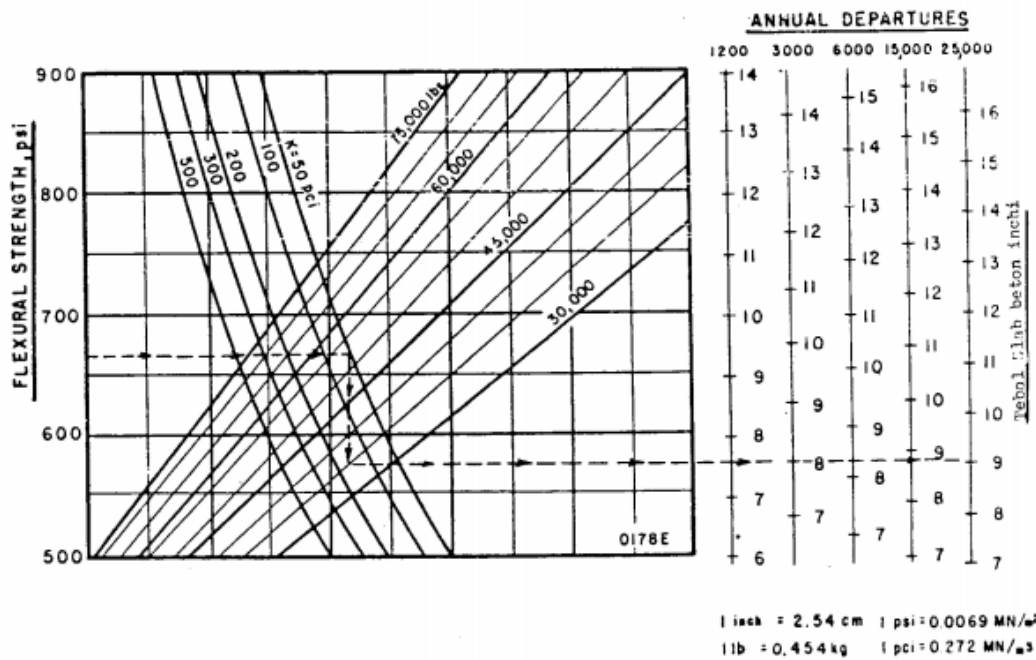
R1 : Equivalent Annual Departure

R2 : Annual Departure Pesawat

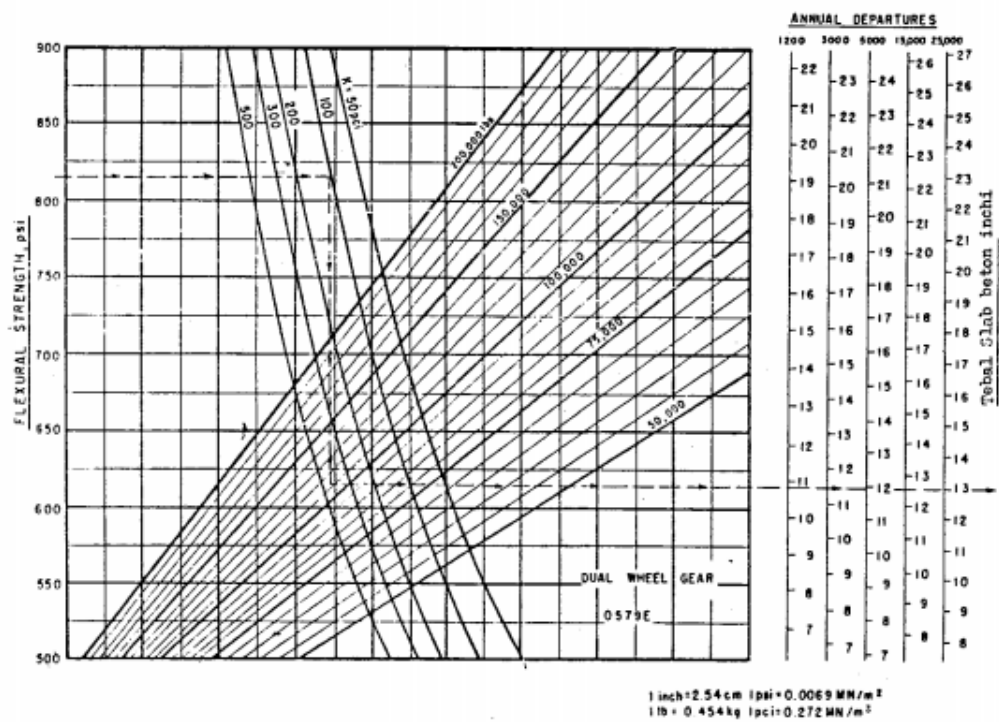
W1 : Beban roda pesawat rencana

W2 : Beban roda pesawat keseluruhan

Gunakan harga dari flexural strength, harga K, MTOW pesawat rencana dan equivalent annual departure total sebagai data untuk menghitung perkerasan kaku dengan kurva sesuai rencana.

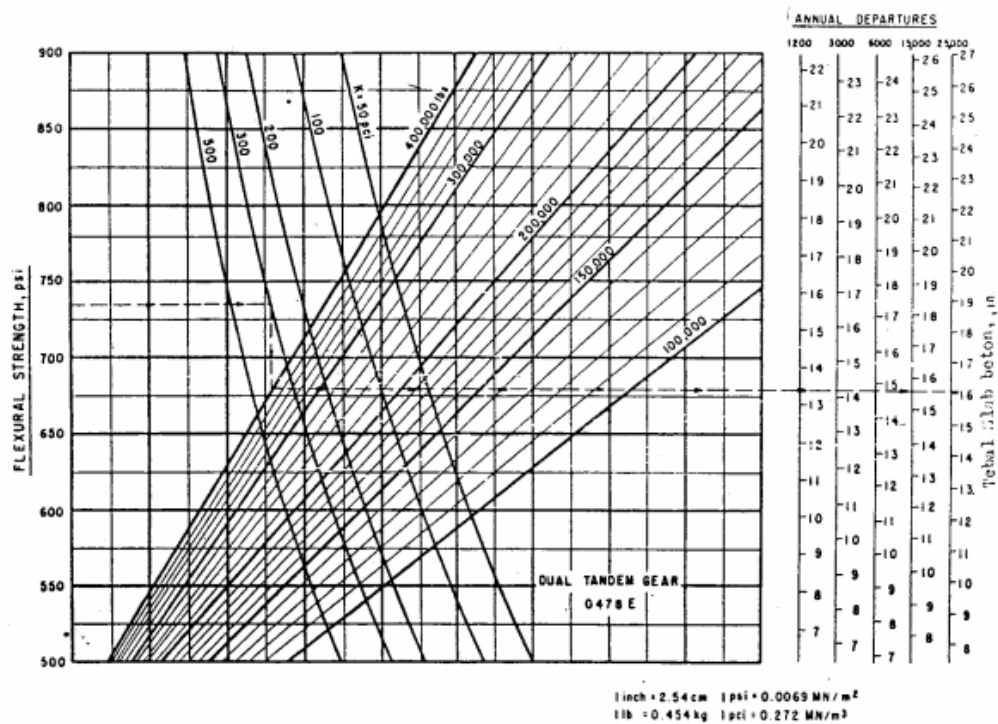


**Gambar 2.18** Kurva Perencanaan Rigid, Single Wheel Gear



**Gambar 2.19** Kurva Perencanaan Rigid, Dual Wheel Gear





**Gambar 2.20** Kurva Perencanaan Rigid, Dual Tandem Wheel Gear

#### **D. Joint / Sambungan pada Perkerasan Kaku**

Joint/sambungan dibuat pada perkerasan kaku, agar beton dapat mengembang dan menyusut tanpa halangan sehingga meringankan/mengurangi tegangan bengkok akibat gesekan, perubahan temperatur, perubahan kelembaban, serta untuk melengkapi konstruksi. Menurut fungsinya, joint dikategorikan sebagai berikut :

##### **a. Expansion Joint**

Memberikan ruangan untuk pengembangan beton sehingga terhindar dari tegangan tekan yang tinggi, yang menyebabkan slab beton menjadi melengkung. Expansion joint bila harus dibuat maka dilengkapi dengan adanya tulangan yang disebut Dowel Bar (pada bagian tepinya dipertebal)

## **b. Construction Joint**

Biasa disebut dengan Dummy Joint, yaitu satu permukaan pada potongan beton yang sengaja diperlemah, sehingga apabila terjadi penyusutan slab beton tegangan susut dapat diperingan, dan jika retak maka retak tersebut terjadi pada bagian yang telah dipersiapkan. Tegangan susut bisa terjadi karena penyusutan beton akibat perubahan temperatur kelembapan dan geseran. Construction Joint bisa dibuat dengan membuat alu pada beton dengan alat potong beton (Sawed Groove) atau dipersiapkan ketika mengadakan pengecoran.

- **Construction Joint Memanjang**

Pada jalur pengecoran yang lebarnya melebihi 25 feet (7,5 m), dibuat construction joint memanjang antara dua construction joint memanjang, joint ini disebut Intermediete Longitudinal Joint.

- **Construction Joint Melintang**

FAA dan Corp of Engineers tidak memakai Dowel untuk semua Construction Joint melintang kecuali tiga joint pertama tapi bebas. FAA juga menyarankan pemberian Dowel untuk dua joint pertama pada masing-masing sisi expansion joint dan semua construction joint melintang dalam perkerasan kaku dengan tulangan.

## **c. Constraction Joint**

- **Constraction Joint Memanjang**

Model ini terdapat pada tepi setiap jalur pengecoran, dapat berbentuk tepi dengan kunci atau diberi tulangan Dowel sebagai

pemindah beban pada bagian itu. Constraction Joint memanjang dengan model kunci tidak dianjurkan dibuat pada untuk slab beton yang tebalnya kurang dari 9 inch (230 mm). Untuk mendapatkan struktur yang merupakan satu kesatuan digunakan Tie Bar dengan jarak tertentu, yang berfungsi menghindari terbukanya sambungan berlebihan dan mengurangi tulangan pemindah beban, walaupun tie bar sendiri bukan untuk memindahkan beban dari satu slab ke slab lainnya.

- **Constraction Joint Melintang**

Sambungan melintang diperlukan pada akhir pengecoran setiap harinya atau pada saat pemberhentian karena hujan. Di titik pemberhentian ini harus dibuat Constraction Joint melintang rencana, disarankan membuat joint dengan dowel. Bila sambungan (penghentian pengecoran terjadi pada jarak sepertiga interval rencana) perlu dibuat joint kunci dengan tie bar.

#### **E. Jarak Antar Joint**

Perbandingan panjang banding lebar slab beton yang paling baik adalah antara 1 dan tidak lebih dari 1,25. Penjarakan antar joint disarankan oleh PCA sebagai petunjuk kasar, jarak joint (dalam feet) agar tidak lebih dari 2 kali slab (dalam inch). Bagi bermacam-macam tebal slab beton, telah diberikan daftar jarak antar joint maksimum yang dibuat oleh FAA.

**Tabel 2.30** Jarak Joint Maksimum (di sarankan)

| Tebal slab beton (inchi)       | Melintang       | Memanjang         |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Kurang dari 9 in (23 cm)       | 15 feet (4,6 m) | 12,5 feet (3,8 m) |
| 9 in – 23 in (23 – 31 cm)      | 20 feet (6,1 m) | 20 feet (6,1 m)   |
| Lebih besar dari 12 in (31 cm) | 25 feet (7,6 m) | 25 feet (7,6 m)   |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang,

Alumni . Bandung. 1990)

## **F. Penulangan**

Pemberian tulangan pada perkerasan kaku untuk Apron tidak mempengaruhi ketebalan perkerasan. Hal ni disebabkan tulangan yang dipakai tidak menaikkan nilai flexural strength beton. Pemberian tulangan ini dimaksudkan untuk :

- Mengurangi jumlah sambungan dan karenanya mengurangi biaya pemeliharaan sambungan.
- Mengurangi pemampatan dengan menjaga agar retak tertutup rapat.
- Memperpanjang usia perkerasan bila menerima beban berlebihan.
- Mempertahankan sifat saling mengunci antar agregat untuk pemindahan beban.
- Mengurangi penurunan perkerasan.

## **G. Tulangan Pokok**

Tulangan pokok adalah tulangan yang dipasang untuk mempertahankan sifat saling mengunci bila terjadi retakan pada slab beton. Ulangan ini dipasang pada slab beton bertulang berupa anyaman batang tulangan atau lembar kawat berlas. Corps Engineer menganjurkan

tulangan ini diapsang pada jarak  $\frac{1}{4} h + 1''$  dari epi atas slab beton, dimana H adalah tebal slab beton dalam inch.

Dalam perhitungan tulangan pada perkerasan apron, mempunyai metode rumus perhitungan yang sama

$$As = \frac{3,7 \times L \times \sqrt{LxH}}{fs} \text{ (Imperial unit).....(20.a)}$$

Atau

$$As = \frac{0,64 \times L \times \sqrt{LxH}}{fs} \text{ (metrik unit).....(20.b)}$$

Dimana :

As = Luas penampang lintang besi untuk tiap feet atau meter panjang lebar slab beton (inch<sup>2</sup> atau cm<sup>2</sup>)

L = Panjang atau lebar slab beton (feet atau m)

H = Tebal slab beton (inch atau mm)

fs = Tegangan tarik tulangan ijin (psi atau MN/m<sup>2</sup>)

luas tulangan yang diperoleh harus lebih besar atau sama dengan luas tulangan sebesar 0,05 % kali luas penampang lintang slab beton.

## H. Tie Bar

Tie Bar atau batang terikat adalah tulangan yang dipasang untuk menjaga tepian slab beton saling mengunci. Tie Bar ini merupakan besi ulir yang dipasang sebagai penghubung pada constraction joint memanjang dan sebagai pengunci pada construction joint. Tetapi tie bar tidak berfungsi sebagai alat bantu pemindah beban (load transfer). Tie bar direncana untk menambah resistensi subgrade atau subbase coarse terhadap gerakan horisontal slab beton, ketika pada perkerasan terjadi penyusutan.

Luas penampang lintang tie bar dibutuhkan setiap 1 feet panjang joint dihitung dengan rumus :

$$A_s = \frac{W \times f \times l}{f_s} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana :

$A_s$  = Luas penampang tie bar tiap feet panjang joint (inch)

$W$  = Berat slab beton (psf)

$f$  = koefisien rata-rata ketahanan subgrade (diambil 1,5)

$l$  = Jarak dari joint ke tepi bebas

$f_s$  = tegangan tarik tulangan ijin (psi)

tie bar harus cukup panjang sehingga pada kedua ujung tulangan yang berada pada slab-slab beton, bisa timbul tegangan tarik yang diijinkan. Sebagai keamanan panjang tie bar ditambahkan 3 inch, untuk menjaga tie bar tidak lurus dalam pemasangannya. Panjang tie bar dihitung dengan rumus :

$$L_t = \frac{1}{2} \times \left( \frac{f_s \times d}{\mu} \right) + 3 \dots\dots\dots(22)$$

Dimana :

$L_t$  = panjang tie bar (inch)

$f_s$  = tegangan tarik tulangan ijin (psi)

$d$  = diameter tie bar (inch)

$\mu$  = tegangan pengikatan ijin (350 psi)

Dalam menentukan ukuran tie bar, FAA memberikan rekomendasi diameter “5/8 inch (16 mm), panjang 30 inch (760 mm), jarak dari as ke as 30 inch (760 mm)”.

## I. Dowel

Dowel adalah tulangan yang dipasang pada joint dan berfungsi sebagai pemindah beban pada sambungan. Selain itu dowel juga berfungsi mengatasi penurunan vertikal relatif pada slab beton ujung. Ukuran dowel harus proporsional dengan beban yang harus dilayani oleh perkerasan panjang dan jarak dowel harus diatur sehingga tegangan yang dilimpahkan pada beton tidak menyebabkan keruntuhan slab beton. FAA memberikan daftar untuk berbagai tebal slab beton sebagai berikut :

**Tabel 2.31** Ukuran dan jarak Dowel

| Tebal slab beton    | Diameter                   | Panjang       | Jarak         |
|---------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| 6-7 in (15-18 cm)   | $\frac{3}{4}$ in (20 mm)   | 18 in (46 cm) | 12 in (31 cm) |
| 8-12 in (21-23 cm)  | 1 in (25 mm)               | 19 in (46 cm) | 12 in (31 cm) |
| 13-16 in (33-41 cm) | 1 $\frac{1}{4}$ in (30 mm) | 20 in (51 cm) | 15 in (38 cm) |
| 17-20 in (43-51 cm) | 1 $\frac{1}{2}$ in (40 mm) | 20 in (51 cm) | 18 in (46 cm) |
| 21-24 in (54-61 cm) | 2 in (50 mm)               | 24 in (61 cm) | 18 in (46 cm) |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni .

Bandung. 1990)

## **BAB III**

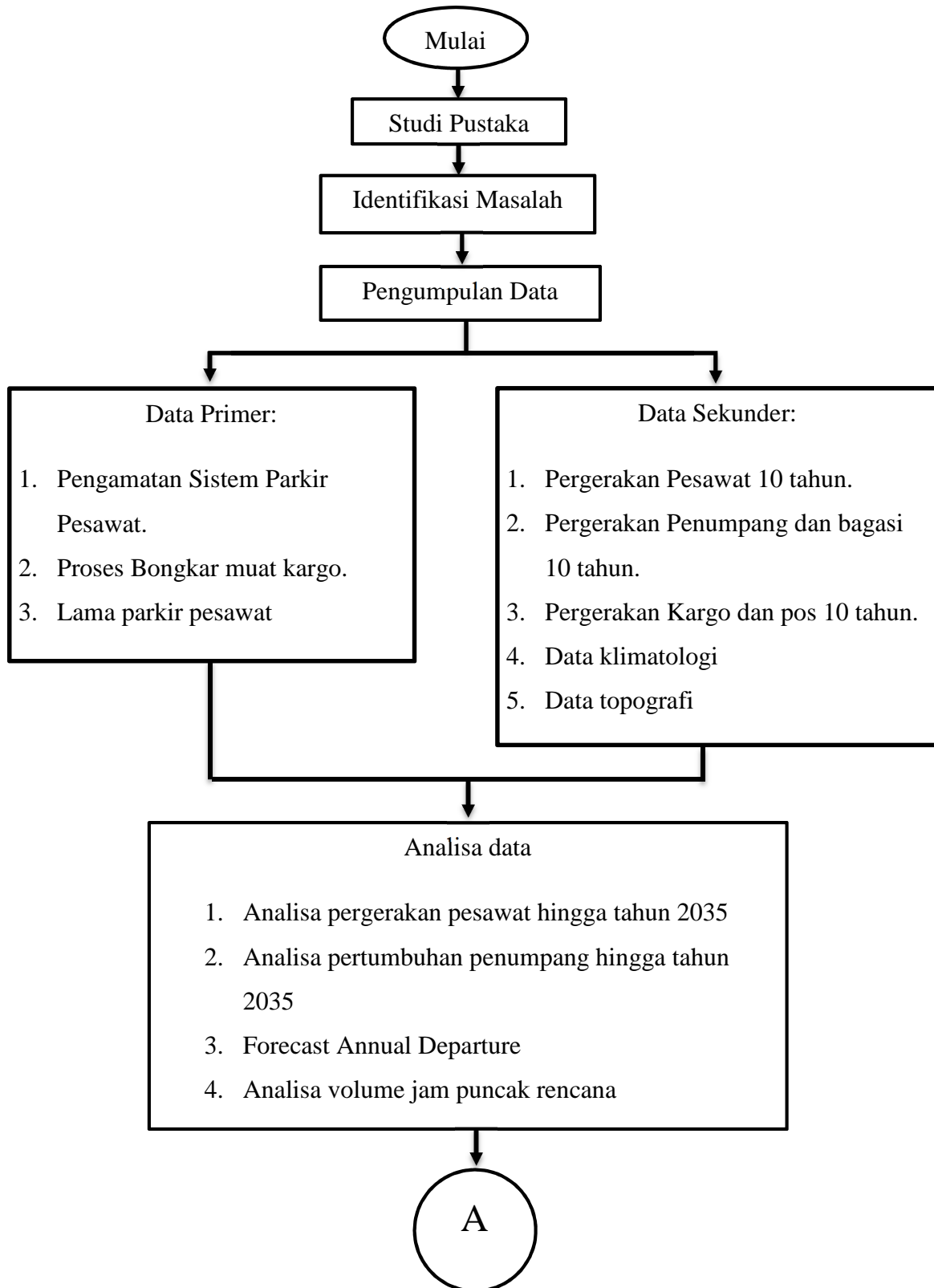
### **METODOLOGI PERENCANAAN**

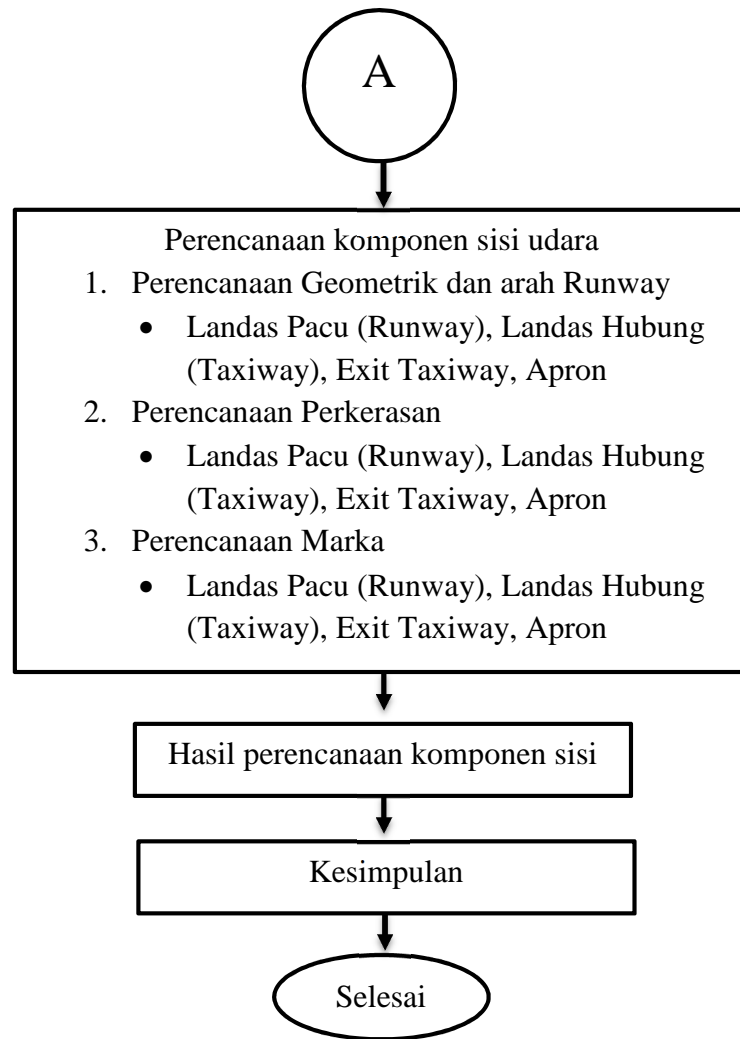
#### **3.1. Tujuan Metodologi**

Didalam Metodologi Perencanaan, maka langkah utama yang dilakukan yaitu dengan membuat diagram alir perencanaan. Diagram alir perencanaan dipergunakan sebagai gambaran langkah-langkah yang akan diambil dalam proses perencanaan pengembangan sisi udara (landasan pacu, landas hubung dan apron) bandara, dimana didalamnya terdapat beberapa proses, diantaranya adalah proses identifikasi masalah yang ada, proses pengumpulan data, proses pengkompilasian data, proses penganalisaan data, proses perhitungan kebutuhan sisi udara (landasan pacu, landas hubung dan apron) yang diperlukan untuk pengembangan. Perencanaan difokuskan pada perencanaan geometrik dan perencanaan struktur perkerasan sisi udara (landasan pacu, landas hubung dan apron).



### 3.2. Diagram Alir





**Gambar 3.1** Diagram Alir

### **3.3. Metodologi**

#### **1. Tahap Mulai**

Adalah tahap dimana kita akan mengawali perencanaan dari suatu permasalahan, sehingga nantinya dapat ditemukan penyelesaian masalah yang dihadapi.

#### **2. Tahap Studi Pustaka**

Adalah suatu tahapan dimana terdapat sumber dari berbagai literatur yang nantinya akan digunakan untuk perencanaan pengembangan sisi udara (Airside) Bandar Udara Wamena.

#### **3. Tahap Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah adalah peninjauan pada pokok masalah untuk menentukan sejauh mana pembahasan masalah tersebut dilakukan. Identifikasi masalah ini dilakukan setelah didapatkan gambaran umum atas kondisi di lapangan sebenarnya. Pada tahap ini, akan dihasilkan banyak permasalahan yang melatar belakangi Perencanaan Pengembangan Sisi Udara (Airside) Bandar Udara Wamena. Berdasarkan studi pustaka yang telah ditentukan sebelumnya, dalam skripsi ini penyusunan akan menampilkan beberapa permasalahan diatas sekaligus mencoba memberikan alternative penyelesaiannya sesuai dengan pembatasan permasalahan yang ada.

#### **4. Tahap Pengumpulan Data**

##### **A. Tahap pengumpulan Data Primer**

Data primer diperoleh melalui observasi. Pengamatan langsung di lapangan dilakukan secara cermat dengan memperhatikan kondisi eksisting yang ada. Pengamatan yang dilakukan yaitu :

1. Pengamatan sistem parkir pesawat pada apron Bandar Udara Wamena. Pengamatan dilakukan oleh 2 orang di tempatkan pada apron A dan apron B bandara udara Wamena.
2. Lama pesawat parkir di apron Bandar Udara Wamena. Survey ini dilakukan untuk mengetahui lama proses menaikkan dan menurunkan penumpang serta bongkar muat kargo. Pengamatan ini dilakukan oleh 2 orang pada tiap apron.

Pengumpulan data sekunder dilakukan pada bulan januari 2016.

##### **B. Tahap Pengumpulan Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh tanpa survei atau pengamatan langsung. Data sekunder didapat dari instansi-instansi terkait. Data sekunder tersebut diantaranya :

- Data mengenai lalu lintas udara, data teknis bandara, dan data pengembangan bandara yang diperoleh dari Unit Pelaksana Bandar Udara Kelas I Wamena. Data-data yang diperoleh tersebut adalah sampai tahun 2015.
- Data temperature, curah hujan, kelembaban udara, arah dan kecepatan angin di sekitar lokasi bandara. Data-data ini diperoleh dari Stasiun Badan Klimatologi Meteorologi dan Geofisika

Wamena. Data-data yang diperoleh tersebut adalah sampai tahun 2015.

- Data-data mengenai topografi dan RTRW Kabupaten Jayawijaya tahun 2015 pada Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Jayawijaya pada tahun 2015.

Kemudian dari Tahap Pengumpulan Data Primer dan Sekunder akan dihubungkan menjadi satu yaitu Tahap Kompilasi dan Analisa Data.

#### **5. Tahap Kompilasi dan Analisa Data**

Adalah suatu tahapan untuk menguraikan cara atau metode yang digunakan dalam perencanaan perpanjangan landasan pacu. Data-data yang berhasil dikumpulkan tersebut dikompilasi dan dianalisa untuk merencanakan perpanjangan landasan pacu untuk masa yang akan datang sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan. Untuk menghitung perkiraan jumlah penumpang, kargo, dan lalu lintas udara digunakan metode statistika Regresi Linier.

#### **6. Tahap Perencanaan Komponen sisi udara**

Adalah tahapan menghitung kebutuhan dimensi dan struktural perkerasan terhadap komponen sisi udara (airside) bandar udara Wamena pada tahapan ini metode perencanaan yang dipakai adalah metode *Federal Aviation Administration* (FAA).

#### **7. Hasil perencanaan Komponen Sisi Udara**

Setelah dilakukan perencanaan dengan metode FAA maka didapatkan hasil dari perencanaan tersebut.

## 8. Kesimpulan Perencanaan

Dari semua tahapan yang telah dilalui maka dibuat sebuah kesimpulan terhadap pengembangan sisi udara Bandar Udara Wamena. Kesimpulan tersebut berupa dimensi serta struktur perkerasan dari sisi udara (Landas Pacu, Landas Hubung dan Apron) Bandar Udara Wamena.

## 9. Selesai

Setelah semua dilakukan tahap demi tahap, maka alir atau proses perencanaan pengembangan sisi udara selesai.

### 3.4. Lokasi Studi

Tugas akhir ini mengambil lokasi studi pada Bandar Udara Wamena, yang terletak di Kelurahan Wamena Kota, Kecamatan Wamena, Kabupaten Jayawijaya Provinsi Papua.

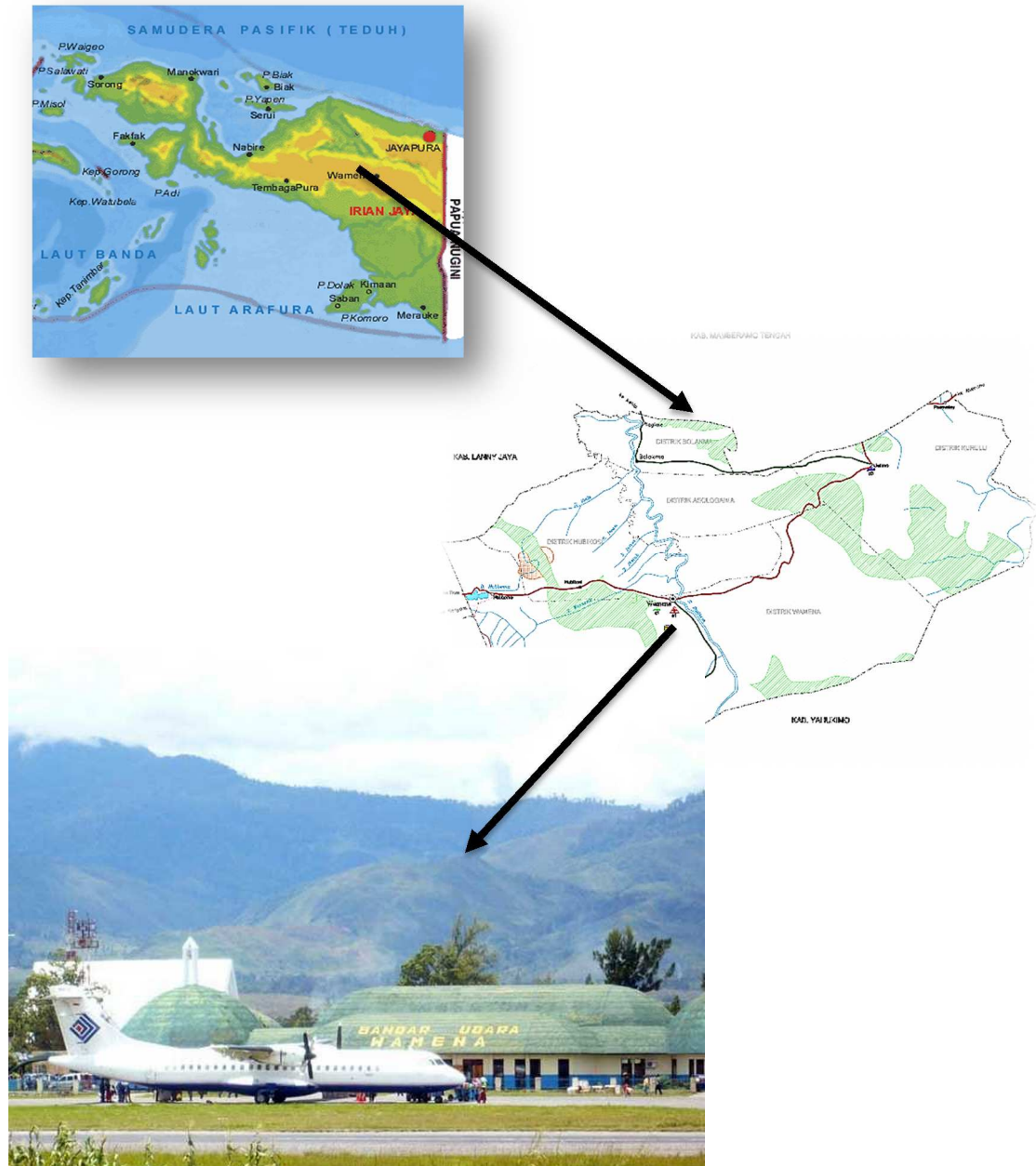
### 3.5. Spesifikasi Bandar Udara (Tahun 2015)

|                     |   |               |
|---------------------|---|---------------|
| Nama                | : Bandar Udara Wamena                   |               |
| Klasifikasi Bandara | : Kelas 1 (Satu)                        |               |
| Koordinat           | : 04° 05' 89" LS - 138° 57' 17" BT      |               |
| Luas Bandara        | : 1.062.799 m <sup>2</sup>              |               |
| Elevasi             | : 5100 Feet (1555 meter) dpl            |               |
| Kode ICAO/IATA      | : WAJW/WMX                              |               |
| Jam Operasional     | : 21.00 – 07.00 UTC (06.00 – 16.00 WIT) |               |
| Jarak dari Kota     | : ± 0 km                                |               |
| Landasan            | Arah                                    | : 15 – 33     |
|                     | Dimensi                                 | : 2200 x 30 m |
|                     | PCN                                     | : 33 F/C/X/T  |

|                           |           |                |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Taxiway (Panjang x Lebar) | : Alpha   | : 53 m x 18 m  |
|                           | Bravo     | : 65 m x 17 m  |
|                           | Charlie   | : 64 m x 16 m  |
|                           | Delta     | : 140 m x 18 m |
|                           | Echo      | : 140 m x 18 m |
| Apron (Panjang x Lebar)   | : Apron A | : 180 m x 45 m |
|                           | Apron B   | : 356 m x 45 m |

*Sumber: Unit Pelaksana Bandar Udara Kelas 1 Wamena*

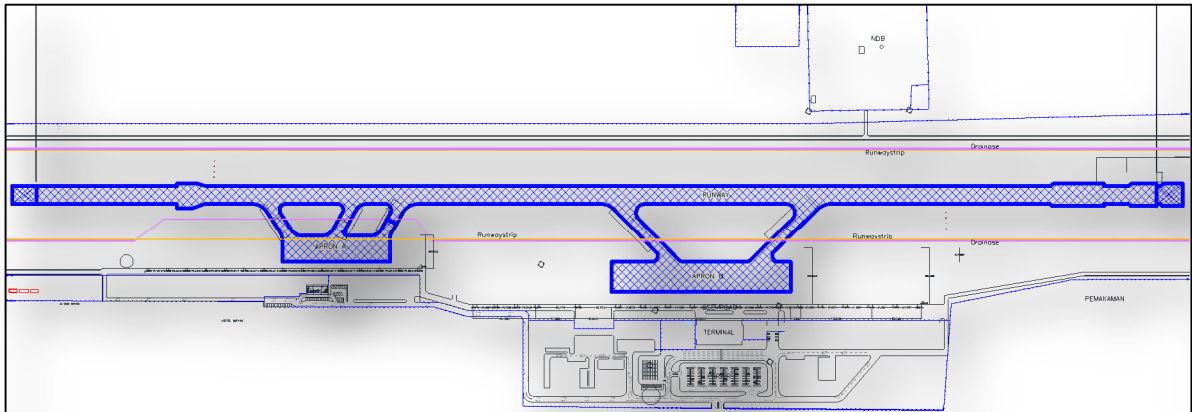
### 3.6. Peta Lokasi



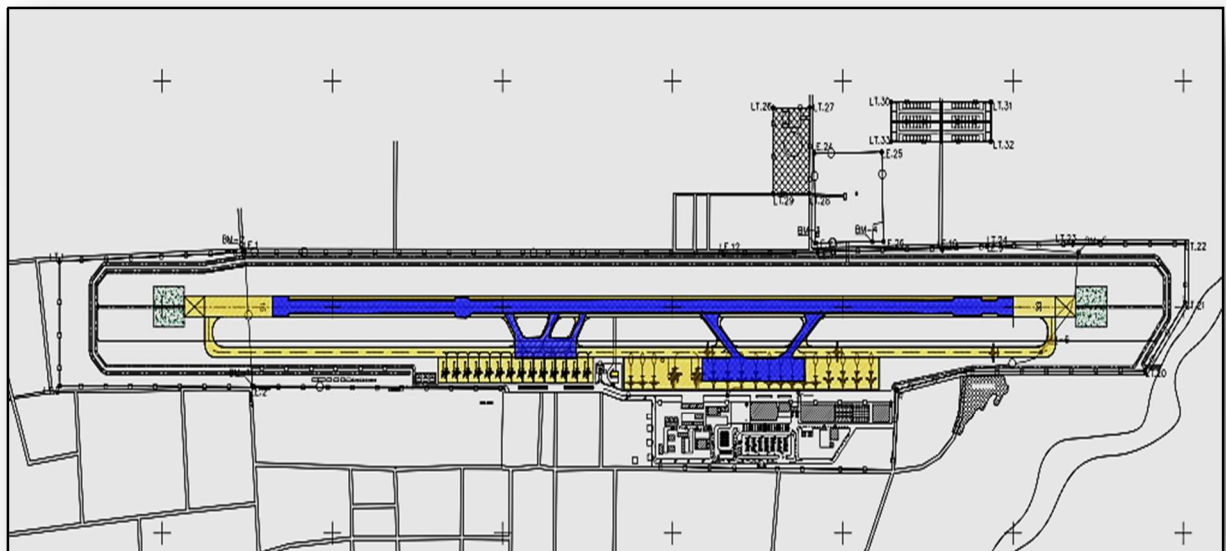
**Gambar 3.2** Peta Lokasi Bandar Udara Wamena



### 3.7. Layout Eksisting dan Rencana Pengembangan



**Gambar 3.3** Layout Eksisting Bandar Udara Wamena



**Gambar 3.4** Layout Rencana Pengembangan Bandar Udara Wamena

## BAB IV

### ANALISA DATA

#### 4.1. Pengumpulan Data

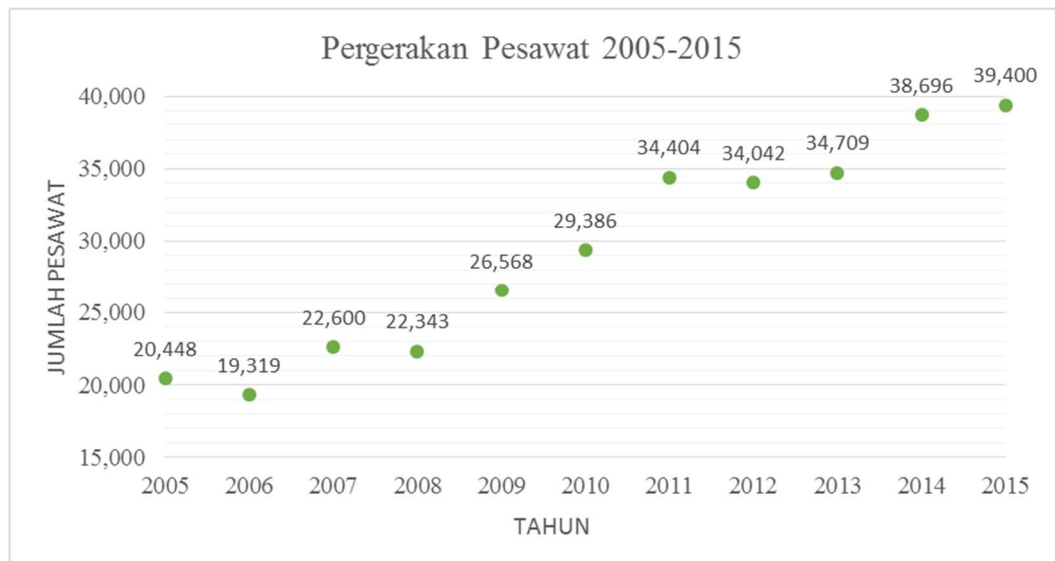
Dari data-data yang diperoleh dari Kantor Unit Pelaksana Bandar Udara (UPBU) Kelas I Wamena seperti data pergerakan pesawat, data penumpang menunjukkan kecenderungan adanya peningkatan dari tahun ke tahun. Hal tersebut berpengaruh terhadap kinerja dari fasilitas sisi udara (*airside*) bandara tersebut.

Berikut ini merupakan data-data yang akan digunakan dalam perencanaan sisi udara (*airside*) Bandar Udara Wamena. Data-data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari pengelola bandara yang merupakan data dari tahun 2005-2015.

**Tabel 4.1** Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat tahun 2005-2015  
di Bandar Udara Wamena

| Tahun | Pesawat | Penumpang |
|-------|---------|-----------|
| 2005  | 20,448  | 87,034    |
| 2006  | 19,319  | 75,821    |
| 2007  | 22,600  | 118,542   |
| 2008  | 22,343  | 237,689   |
| 2009  | 26,568  | 199,595   |
| 2010  | 29,386  | 201,426   |
| 2011  | 34,404  | 247,034   |
| 2012  | 34,042  | 246,288   |
| 2013  | 34,709  | 255,286   |
| 2014  | 38,696  | 238,456   |
| 2015  | 39,400  | 330,532   |

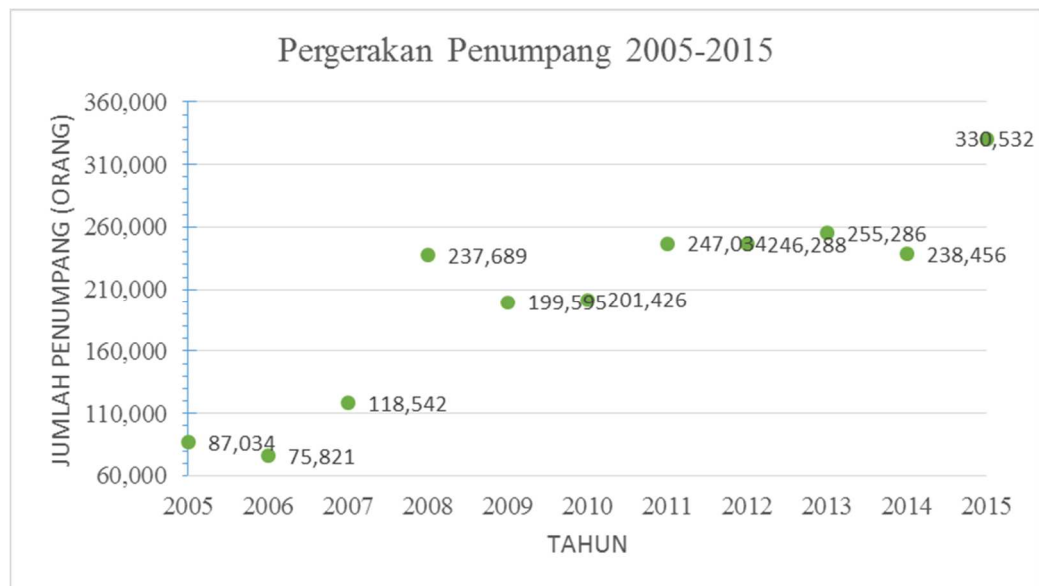
( **Sumber:** Kantor UPBU Kelas 1 Bandar Udara Wamena)



**Gambar 4.1** Grafik Pergerakan Pesawat tahun 2005-2015 di Bandar

Udara Wamena

( **Sumber:** Kantor UPBU Kelas 1 Bandar Udara Wamena)



**Gambar 4.2** Grafik Pergerakan Penumpang tahun 2006-2015 di

Bandar Udara Wamena

( **Sumber:** Kantor UPBU Kelas 1 Bandar Udara Wamena)

## 4.2. Analisa Data

Pada perhitungan analisa regresi, ada perubahan tren yang menyebabkan data tersebut tidak linier. Perubahan tren data tersebut disebabkan oleh faktor ekonomi seperti kenaikan harga bahan bakar minyak dan kenaikan nilai inflasi sehingga daya beli masyarakat menurun karena harga tiket yang mahal.

### 4.2.1. Analisa Pergerakan Pesawat

- Tahun 2005-2015

**Tabel 4.2** Perhitungan Analisis Regresi Untuk Pergerakan Pesawat

tahun 2005-2015

| No             | Tahun (x)    | Jumlah Pesawat (y) | $x^2$           | $y^2$                | xy               |
|----------------|--------------|--------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| 1              | 2005         | 20,448             | 4020025         | 418,120,704          | 40998240         |
| 2              | 2006         | 19,319             | 4024036         | 373,223,761          | 38753914         |
| 3              | 2007         | 22,600             | 4028049         | 510,760,000          | 45358200         |
| 4              | 2008         | 22,343             | 4032064         | 499,209,649          | 44864744         |
| 5              | 2009         | 26,568             | 4036081         | 705,858,624          | 53375112         |
| 6              | 2010         | 29,386             | 4040100         | 863,536,996          | 59065860         |
| 7              | 2011         | 34,404             | 4044121         | 1,183,635,216        | 69186444         |
| 8              | 2012         | 34,042             | 4048144         | 1,158,857,764        | 68492504         |
| 9              | 2013         | 34,709             | 4052169         | 1,204,714,681        | 69869217         |
| 10             | 2014         | 38,696             | 4056196         | 1,497,380,416        | 77933744         |
| 11             | 2015         | 39,400             | 4060225         | 1,552,360,000        | 79391000         |
| Total $\Sigma$ | <b>22110</b> | <b>321,915</b>     | <b>44441210</b> | <b>9,967,657,811</b> | <b>647288979</b> |

$$n = 11$$

a) Menghitung nilai a dan b

Menghitung konstanta (a) :

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{(321915)(44441210) - (22110)(647288979)}{11(44441210) - (22110)^2}$$

$$a = -4353064.9$$

Menghitung koefisien regresi (b) :

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{11(647288979) - (22110)(321915)}{11(44441210) - (22110)^2}$$

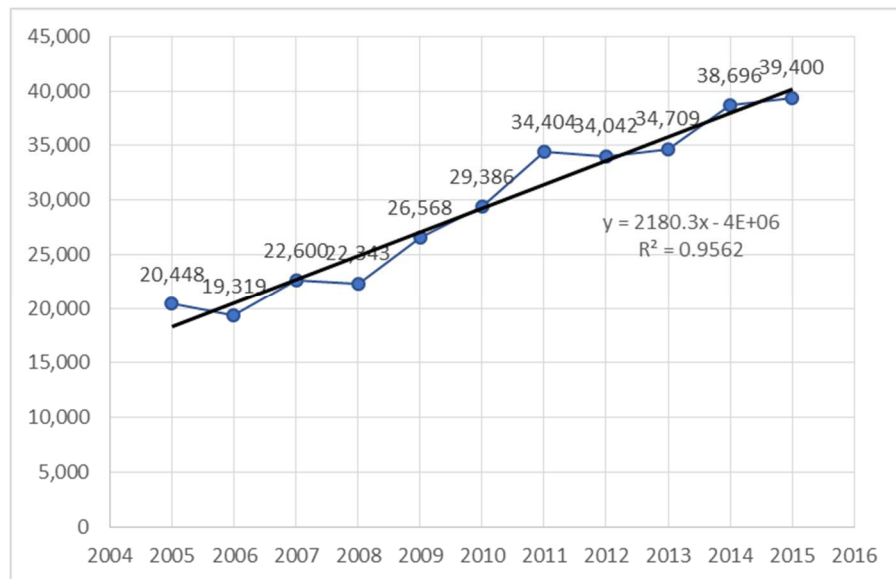
$$b = 2180.26$$

Sehingga diperoleh persamaan :

$$y = a + bx$$

$$y = -4353064.9 + 2180.26x$$

Berdasarkan persamaan diatas dibuat gambar grafik fungsinya liniernya sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Grafik Fungsi Linier Pergerakan Pesawat Tahun 2005-2015

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa garis biru dan lurus adalah garis fungsi linier sedangkan garis lainnya adalah data pergerakan pesawat. Kemudian dihitung koefisien korelasi (r) dengan rumusan sebagai berikut :

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Contoh Perhitungan nilai r untuk pergerakan pesawat :

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{11 \times 647288979 - 22110 \cdot 321915}{\sqrt{\{10 \times 44441210 - (22110)^2\} \{9967657811 - (321915)^2\}}}$$

$$r = 0.9778 \text{ sehingga } r^2 = 0.9562$$

#### 4.2.2. Analisa Data Penumpang

- Untuk Data Tahun 2005-2015

**Tabel 4.3** Perhitungan Analisis Regresi Untuk Jumlah Penumpang

tahun 2005-2015

| No      | Tahun (x)    | Jumlah Penumpang (y) | x <sup>2</sup>  | y <sup>2</sup>         | xy                |
|---------|--------------|----------------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| 1       | 2005         | 87,034               | 4020025         | 7,574,917,156          | 174503170         |
| 2       | 2006         | 75,821               | 4024036         | 5,748,824,041          | 152096926         |
| 3       | 2007         | 118,542              | 4028049         | 14,052,205,764         | 237913794         |
| 4       | 2008         | 237,689              | 4032064         | 56,496,060,721         | 477279512         |
| 5       | 2009         | 199,595              | 4036081         | 39,838,164,025         | 400986355         |
| 6       | 2010         | 201,426              | 4040100         | 40,572,433,476         | 404866260         |
| 7       | 2011         | 247,034              | 4044121         | 61,025,797,156         | 496785374         |
| 8       | 2012         | 246,288              | 4048144         | 60,657,778,944         | 495531456         |
| 9       | 2013         | 255,286              | 4052169         | 65,170,941,796         | 513890718         |
| 10      | 2014         | 238,456              | 4056196         | 56,861,263,936         | 480250384         |
| 11      | 2015         | 330,532              | 4060225         | 109,251,403,024        | 666021980         |
| Total Σ | <b>22110</b> | <b>2,237,703</b>     | <b>44441210</b> | <b>517,249,790,039</b> | <b>4500125929</b> |

a) Menghitung nilai a dan b

Menghitung konstanta (a) :

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{(2237703)(44441210) - (22110)(4500125929)}{11(44441210) - (22110)^2}$$

$$a = -42607726.9$$

Menghitung koefisien regresi (b) :

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{11(4500125929) - (22110)(2237703)}{11(44441210) - (22110)^2}$$

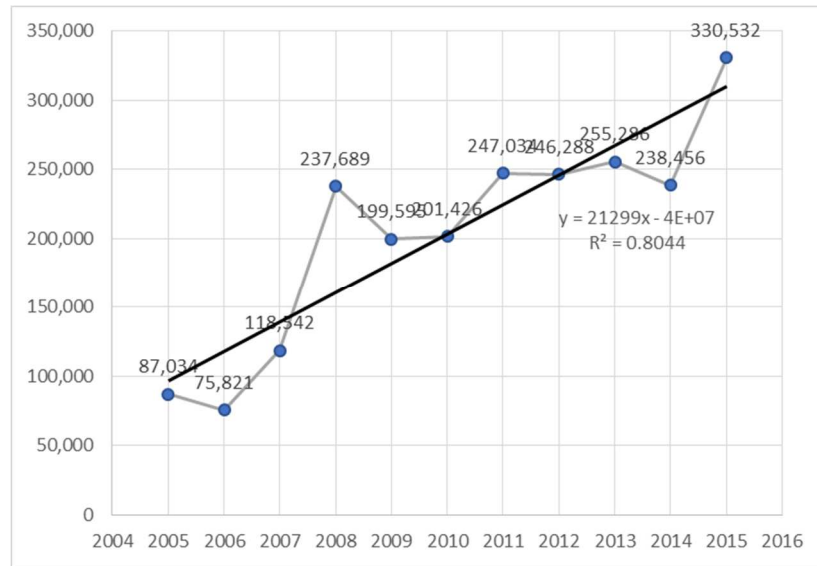
$$b = 21299.08$$

Sehingga diperoleh persamaan

$$y = a + bx$$

$$y = -42607726.9 + 21299x$$

Berdasarkan persamaan diatas dibuat gambar grafik fungsinya liniernya sebagai berikut :



**Gambar 4.4** Grafik Fungsi Linier Jumlah Penumpang Tahun 2005-2015

Dari gambar 4.4 dapat diketahui bahwa garis biru dan lurus adalah garis fungsi linier sedangkan garis lainnya adalah data jumlah penumpang.

Kemudian dihitung koefisien korelasi ( $r$ ) dengan rumusan sebagai berikut :

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Contoh Perhitungan nilai  $r$  untuk pergerakan jumlah penumpang :

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{10 \times 3836011120 - 20105 \cdot 1907171}{\sqrt{\{10 \cdot 40421185 - (20105)^2\} \{407998387015 - (1907171)^2\}}}$$

$$r = 0.897 \text{ sehingga } r^2 = 0.8044$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai koefisien korelasi  $r$  dan koefisien determinasi pada tabel 4.4 dan 4.5.



**Tabel 4.4** Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk pergerakan pesawat

| Persamaan               | $r^2$  | r      |
|-------------------------|--------|--------|
| $-4353064.9 + 2180.26x$ | 0.9778 | 0.9562 |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.5** Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (r) untuk jumlah penumpang

| Persamaan              | $r^2$  | r     |
|------------------------|--------|-------|
| $-42607726.9 + 21299x$ | 0.8044 | 0.897 |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari tabel 4.4 dan 4.5 diketahui bahwa korelasi data adalah cukup dan tinggi sesuai dengan ketentuan pada tabel 4.6 dibawah ini :

**Tabel 4.6** Koefisien Korelasi

| Nilai r     | Intrepetasi       |
|-------------|-------------------|
| 0           | Tidak berkorelasi |
| 0.10 – 0.20 | Sangat Rendah     |
| 0.20 - 0.40 | Rendah            |
| 0.41 – 0.60 | Agak Rendah       |
| 0.61 – 0.80 | Cukup             |
| 0.81 – 0.99 | Tinggi            |
| 1           | Sangat Tinggi     |

( Sumber: Dian Widyahartanti,Perencanaan Perpanjangan landasan pacu

Bandar Udara A.Yani Semarang,2007)

#### 4.3. Prediksi Pesawat dan Penumpang

Berdasarkan hasil analisa data pergerakan pesawat dan jumlah penumpang menggunakan analisa regresi maka didapatkan prediksi untuk jangka menengah (2025) dan jangka panjang (2035) sebagai berikut :

##### A. Pesawat

Diketahui persamaan hasil analisa regresi linier pergerakan pesawat yaitu ;

$$y = -4353064.9 + 2180.26x$$

Dimana :

y = Jumlah Pergerakan Pesawat

x = Tahun rencana

Contoh perhitungan :

$$x = 2025$$

$$\begin{aligned} y &= -4353064.9 + 2180.26x \\ &= -4353064.9 + 2180.26 (2025) \\ &= 61.969 \text{ pergerakan/tahun.} \end{aligned}$$

Selain menghitung jumlah pergerakan dihitung pula jumlah pertumbuhan annual departure tiap tahunnya dengan menggunakan rumus :

$$(i) = \frac{(y_2 - y_1)}{y_1} \times 100 \%$$

Dimana :

i = Kenaikan Pergerakan Pesawat

y<sub>1</sub> = Jumlah Pergerakan pesawat tahun sebelum

y<sub>2</sub> = Jumlah Pergerakan pesawat tahun sesudah

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 (i) &= \frac{(y_2 - y_1)}{y_i} \times 100 \% \\
 &= \frac{(61969 - 59789)}{59789} \times 100 \% \\
 &= 3.65 \%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.8

**Tabel 4.7** Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat Jangka  
Menengah (2025)

| No | Tahun | Jumlah Pesawat (y) | I (%) |
|----|-------|--------------------|-------|
| 1  | 2016  | 42,347             | 9.43  |
| 2  | 2017  | 44,527             | 5.15  |
| 3  | 2018  | 46,707             | 4.90  |
| 4  | 2019  | 48,887             | 4.67  |
| 5  | 2020  | 51,068             | 4.46  |
| 6  | 2021  | 53,248             | 4.27  |
| 7  | 2022  | 55,428             | 4.09  |
| 8  | 2023  | 57,608             | 3.93  |
| 9  | 2024  | 59,789             | 3.78  |
| 10 | 2025  | 61,969             | 3.65  |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.8** Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat

Jangka Panjang (2035)

| Tahun | Jumlah Pesawat (y) | I (%) |
|-------|--------------------|-------|
| 2026  | 64,149             | 3.52  |
| 2027  | 66,329             | 3.40  |
| 2028  | 68,510             | 3.29  |
| 2029  | 70,690             | 3.18  |
| 2030  | 72,870             | 3.08  |
| 2031  | 75,051             | 2.99  |
| 2032  | 77,231             | 2.91  |
| 2033  | 79,411             | 2.82  |
| 2034  | 81,591             | 2.75  |
| 2035  | 83,772             | 2.67  |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

## B. Penumpang

Dengan cara yang sama seperti menghitung analisa prediksi pergerakan pesawat terlebih dahulu. diketahui persamaan hasil analisa regresi linier pergerakan jumlah penumpang yaitu ;

$$y = -42607726.9 + 21299x$$

Dimana :

y = Jumlah Penumpang

x = Tahun rencana

Contoh perhitungan :

$$x = 2025$$

$$y = -42607726.9 + 21299x$$

$$= -42607726.9 + 21299 (2025)$$

$$= 522914 \text{ Penumpang.}$$

Selain menghitung jumlah penumpang dihitung pula jumlah pertumbuhan tiap tahunnya dengan menggunakan rumus :

$$(i) = \frac{(y_2 - y_1)}{y_1} \times 100 \%$$

Dimana :

i = Kenaikan Jumlah Penumpang

y<sub>1</sub> = Jumlah Penumpang tahun sebelum

y<sub>2</sub> = Jumlah Penumpang tahun sesudah

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}(i) &= \frac{(y_2 - y_1)}{y_1} \times 100 \% \\ &= \frac{(522914 - 501615)}{501615} \times 100 \% \\ &= 4.25 \%\end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan 4.10

**Tabel 4.9** Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Penumpang

Jangka Menengah (2025)

| Tahun | Jumlah Penumpang<br>(y) | I (%) |
|-------|-------------------------|-------|
| 2016  | 331,222                 | 38.90 |
| 2017  | 352,521                 | 6.43  |
| 2018  | 373,820                 | 6.04  |
| 2019  | 395,119                 | 5.70  |
| 2020  | 416,418                 | 5.39  |
| 2021  | 437,717                 | 5.11  |
| 2022  | 459,017                 | 4.87  |
| 2023  | 480,316                 | 4.64  |
| 2024  | 501,615                 | 4.43  |
| 2025  | 522,914                 | 4.25  |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.10** Hasil Perhitungan Prediksi dan Pertumbuhan Pesawat

Jangka Panjang (2035)

| Tahun | Jumlah Penumpang<br>(y) | I (%) |
|-------|-------------------------|-------|
| 2026  | 544,213                 | 4.07  |
| 2027  | 565,512                 | 3.91  |
| 2028  | 586,811                 | 3.77  |
| 2029  | 608,110                 | 3.63  |
| 2030  | 629,409                 | 3.50  |
| 2031  | 650,708                 | 3.38  |
| 2032  | 672,007                 | 3.27  |
| 2033  | 693,306                 | 3.17  |
| 2034  | 714,606                 | 3.07  |
| 2035  | 735,905                 | 2.98  |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.4. Forecast Annual Departure Pesawat

Setelah didapatkan ramalan total keberangkatan pesawat (Annual Departure) untuk jangka menengah 10 tahun (2025) sebesar 61969 dan jangka panjang 20 tahun (2035) sebesar 83772, kemudian dihitung presentase peningkatan dari masing-masing tipe pesawat dari tahun 2005-2015 didapatkan presentase masing-masing jenis tipe pesawat seperti pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Tabel presentase total tahunan masing-masing jenis pesawat

| No | Jenis Pesawat  | % Terhadap Jumlah Total Tahunan |
|----|----------------|---------------------------------|
| 1  | C-206          | 4.72                            |
| 2  | C-208          | 17.88                           |
| 3  | PC-12          | 1.62                            |
| 4  | PC-6           | 14.88                           |
| 5  | DHC-6          | 4.98                            |
| 6  | ATR 42-200     | 5.92                            |
| 7  | ATR 72-200     | 12.11                           |
| 8  | B737-200       | 11.03                           |
| 9  | B737-300       | 16.41                           |
| 10 | BAe 146-200    | 7.13                            |
| 11 | C-130 Hercules | 3.30                            |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Contoh perhitungan jumlah pergerakan pesawat Boeing 737-300:

1. Jangka Menengah 10 tahun (2025)

= Total Ramalan tahun 2025 x % jumlah tahunan

= 61969 x 16.41 %

= 10169 pergerakan

2. Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$= 83772 \times 16.41 \%$$

$$= 13747$$

Untuk hasil dari perhitungan tiap-tiap jenis pesawat dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 di bawah ini :

**Tabel 4.12** Forecast Annual Departure masing-masing jenis pesawat

Jangka waktu 10 tahun (2025)

| No | Jenis Pesawat  | % Terhadap Jumlah Total Tahunan | Forecast Annual Departure |
|----|----------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1  | C-206          | 4.72                            | 2925                      |
| 2  | C-208          | 17.88                           | 11080                     |
| 3  | PC-12          | 1.62                            | 1004                      |
| 4  | PC-6           | 14.88                           | 9221                      |
| 5  | DHC-6          | 4.98                            | 3086                      |
| 6  | ATR 42-200     | 5.92                            | 3669                      |
| 7  | ATR 72-200     | 12.11                           | 7504                      |
| 8  | B737-200       | 11.03                           | 6835                      |
| 9  | B737-300       | 16.41                           | 10169                     |
| 10 | BAe 146-200    | 7.13                            | 4418                      |
| 11 | C-130 Hercules | 3.30                            | 2045                      |

(Sumber: Hasil Perhitungan)



**Tabel 4.13** Forecast Annual Departure masing-masing jenis pesawat

Jangka waktu 20 tahun (2035)

| No | Jenis Pesawat  | % Terhadap Jumlah Total Tahunan | Forecast Annual Departure |
|----|----------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1  | C-206          | 4.72                            | 3954                      |
| 2  | C-208          | 17.88                           | 14978                     |
| 3  | PC-12          | 1.62                            | 1357                      |
| 4  | PC-6           | 14.88                           | 12465                     |
| 5  | DHC-6          | 4.98                            | 4172                      |
| 6  | ATR 42-200     | 5.92                            | 4959                      |
| 7  | ATR 72-200     | 12.11                           | 10145                     |
| 8  | B737-200       | 11.03                           | 9240                      |
| 9  | B737-300       | 16.41                           | 13747                     |
| 10 | BAe 146-200    | 7.13                            | 5973                      |
| 11 | C-130 Hercules | 3.30                            | 2764                      |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.5. Jam Puncak Rencana

Bandar Udara Wamena dioperasikan dari pukul 06.00-16.00 WIT. Melayani berbagai maskapai dengan berbagai tipe pesawat. Setiap harinya, pasti terjadi suatu kondisi dengan volume maksimum dari pergerakan pesawat maupun dari jumlah penumpang. Untuk perhitungan jam puncak rencana didasarkan pada data sebagai berikut :

**Tabel 4.14** Besarnya Jumlah Pergerakan Pesawat Terbanyak Setiap Tahun

| NO | TAHUN | BULAN    | JUMLAH |
|----|-------|----------|--------|
| 1  | 2005  | Februari | 1898   |
| 2  | 2006  | Desember | 1773   |
| 3  | 2007  | Januari  | 2142   |
| 4  | 2008  | Januari  | 2096   |
| 5  | 2009  | Desember | 2471   |
| 6  | 2010  | Januari  | 2762   |
| 7  | 2011  | Februari | 3182   |
| 8  | 2012  | Desember | 3166   |
| 9  | 2013  | Desember | 3214   |
| 10 | 2014  | Desember | 3637   |
| 11 | 2015  | Desember | 3743   |

**Tabel 4.15** Besarnya Jumlah Penumpang Terbanyak Setiap Tahun

| NO | TAHUN | BULAN   | JUMLAH |
|----|-------|---------|--------|
| 1  | 2005  | Juni    | 8007   |
| 2  | 2006  | Juni    | 6938   |
| 3  | 2007  | Juni    | 11096  |
| 4  | 2008  | Juli    | 22580  |
| 5  | 2009  | Juni    | 18762  |
| 6  | 2010  | Juli    | 18934  |
| 7  | 2011  | Juni    | 23221  |
| 8  | 2012  | Juli    | 23053  |
| 9  | 2013  | Agustus | 23844  |
| 10 | 2014  | Juli    | 22653  |
| 11 | 2015  | Juli    | 21461  |

Dari data tersebut dicari prosentase terbesar tiap-tiap tahun berdasarkan

rumusan berikut :

$$\% \text{ bulan puncak} = \frac{\text{Jumlah terbanyak tiap bulan}}{\text{Jumlah total pada tahun yang bersangkutan}} \times 100 \%$$

Contoh perhitungan :

Prosentase pada tahun 2006 :

- Jumlah Pergerakan Pesawat

$$\begin{aligned}\% \text{ bulan puncak} &= \frac{1898}{20448} \times 100 \% \\ &= 9.28 \%\end{aligned}$$

- Jumlah Jumlah Penumpang

$$\begin{aligned}\% \text{ bulan puncak} &= \frac{8407}{87034} \times 100 \% \\ &= 9.66 \%\end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk mencari prosentase tersebut diperlihatkan pada tabel 4.16 dan 4.17. Prosentase ini dijadikan faktor pengali untuk tahun rencana yang akan datang.

**Tabel 4.16** Prosentase Besarnya Jumlah Pergerakan Pesawat Terbanyak  
Setiap Tahun

| NO | TAHUN | BULAN    | JUMLAH | PROSENTASE TERHADAP JUMLAH TOTAL PER TAHUN |
|----|-------|----------|--------|--|
| 1  | 2005  | Februari | 1898   | 9.28                                       |
| 2  | 2006  | Desember | 1773   | 9.18                                       |
| 3  | 2007  | Januari  | 2142   | 9.48                                       |
| 4  | 2008  | Januari  | 2096   | 9.38                                       |
| 5  | 2009  | Desember | 2471   | 9.30                                       |
| 6  | 2010  | Januari  | 2762   | 9.40                                       |
| 7  | 2011  | Februari | 3182   | 9.25                                       |
| 8  | 2012  | Desember | 3166   | 9.30                                       |
| 9  | 2013  | Desember | 3214   | 9.26                                       |
| 10 | 2014  | Desember | 3637   | 9.40                                       |
| 11 | 2015  | Desember | 3743   | 9.50                                       |

Dari data di atas, jumlah terbesar pada bulan Desember 2015 yaitu sebesar 9.50 % atau 0.095. Diketahui bahwa pada perhitungan prediksi jumlah pergerakan pesawat dilakukan untuk periode jangka menengah (10 tahun) dan jangka panjang (20 tahun).

1. Untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

$$61969 \times 0.095 = 5887 \text{ pergerakan.}$$

2. Untuk Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$83772 \times 0.095 = 7958 \text{ pergerakan.}$$

Sehingga untuk jumlah pergerakan per hari pada periode jangka menengah 2025 dan periode jangka panjang tahun 2035 diprediksi sebagai berikut :

1. Untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

$$\frac{5887}{31} = 190 \text{ Pergerakan /hari}$$

2. Untuk Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$\frac{7958}{31} = 257 \text{ Pergerakan /hari}$$

Sedangkan untuk jam puncak tergantung pada prosentase jam puncak pada jam-jam sibuk Bandar Udara Wamena. Prosentase tersebut kemudian dikalikan dengan jumlah hari puncak rencana, hasil dari perkalian tersebut adalah jam puncak rencana untuk tahun 2035.

**Tabel 4.17** Prosentase Besarnya Jumlah Penumpang Terbanyak Setiap Tahun

| NO | TAHUN | BULAN   | JUMLAH | PROSENTASE TERHADAP JUMLAH TOTAL PER TAHUN |
|----|-------|---------|--------|--|
| 1  | 2005  | Juni    | 8007   | 9.20                                       |
| 2  | 2006  | Juni    | 6938   | 9.15                                       |
| 3  | 2007  | Juni    | 11096  | 9.36                                       |
| 4  | 2008  | Juli    | 22580  | 9.50                                       |
| 5  | 2009  | Juni    | 18762  | 9.40                                       |
| 6  | 2010  | Juli    | 18934  | 9.40                                       |
| 7  | 2011  | Juni    | 23221  | 9.40                                       |
| 8  | 2012  | Juli    | 23053  | 9.36                                       |
| 9  | 2013  | Agustus | 23844  | 9.34                                       |
| 10 | 2014  | Juli    | 22653  | 9.50                                       |
| 11 | 2015  | Juli    | 21461  | 9.58                                       |

Dari data di atas, jumlah terbesar pada bulan Juli 2015 yaitu sebesar 9.58 % atau 0.0958. Diketahui bahwa pada perhitungan prediksi jumlah pergerakan pesawat dilakukan untuk periode jangka menengah (10 tahun) dan jangka panjang (20 tahun).

1. Untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

$$522914 \times 0.0958 = 50095 \text{ penumpang.}$$

2. Untuk Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$735905 \times 0.0958 = 70500 \text{ penumpang.}$$

Sehingga untuk jumlah pergerakan per hari pada periode jangka menengah 2024 dan periode jangka panjang tahun 2035 diprediksi sebagai berikut :

1. Untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

$$\frac{50095}{31} = 1616 \text{ Penumpang /hari}$$

2. Untuk Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$\frac{70500}{31} = 2274 \text{ Penumpang /hari}$$

Sedangkan untuk jam puncak tergantung pada prosentase jam puncak pada jam-jam sibuk Bandar Udara Wamena. Prosentase tersebut kemudian dikalikan dengan jumlah hari puncak rencana, hasil dari perkalian tersebut adalah jam puncak rencana.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Pengelola Bandara Wamena yang kurang detail mengenai jam puncak atau jam sibuk , maka jam puncak Bandara diasumsikan sebesar 4 jam, sehingga prosentase jam sibuk adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ jam sibuk} = \frac{\text{Jumlah jam sibuk selama satu hari}}{24} \times 100\%$$

$$= \frac{4}{24} \times 100\%$$

$$= 16.67 \%$$

Jadi jumlah penumpang pada jam sibuk untuk periode jangka menengah (10 tahun) tahun 2025 dan jangka panjang (20 tahun) tahun 2035 adalah sebagai berikut :

1. Untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

$$\begin{aligned} \text{Jam sibuk tahun rencana} &= 1616 \times 0.1667 \\ &= 269 \text{ penumpang/4jam.} \\ &= 67 \text{ penumpang/jam.} \end{aligned}$$

2. Untuk Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$\begin{aligned} \text{Jam sibuk tahun rencana} &= 2274 \times 0.1667 \\ &= 379 \text{ penumpang/4jam.} \\ &= 95 \text{ penumpang/jam.} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk pergerakan pesawat, jam sibuk baik di apron maupun di runway identik dengan jumlah sibuk penumpang yaitu selama 4 jam dalam satu hari (dalam 24 jam).

Sehingga prosentase jam sibuk pergerakan pesawat :

$$\begin{aligned} \% \text{ jam sibuk} &= \frac{\text{Jumlah jam sibuk selama satu hari}}{24} \times 100\% \\ &= \frac{4}{24} \times 100\% \\ &= 16.67 \% \end{aligned}$$

Jadi jumlah pergerakan pesawat pada jam sibuk untuk periode jangka menengah (10 tahun) tahun 2025 dan jangka panjang (20 tahun) tahun 2035 adalah sebagai berikut :

1. Untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 190 \times 0.1667 \\ &= 32 \text{ pergerakan/4jam.} \\ &= 8 \text{ pergerakan/jam.}\end{aligned}$$

2. Untuk Jangka Panjang 20 tahun (2035)

$$\begin{aligned}\text{Jam sibuk tahun rencana} &= 257 \times 0.1667 \\ &= 43 \text{ pergerakan/4jam.} \\ &= 11 \text{ pergerakan/jam.}\end{aligned}$$

#### 4.6. Penentuan Masa Operasional Pesawat

Setiap pesawat yang beroperasi memiliki masa operasional dimana apabila pesawat tersebut telah habis masa operasional maka akan diganti dengan pesawat jenis baru. Khusus di Indonesia berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan PM 7 Tahun 2016 pasal 3 ayat 1 yang berbunyi *“Pesawat Udara Kategori transport atau normal atau komuter untuk angkutan udara penumpang, maksimum berusia 30 (tiga puluh) tahun”* dan pasal 3 ayat 2 yang berbunyi *“Pesawat udara untuk angkutan udara khusus kargo (freighter) yang beroperasi di wilayah Republik Indonesia, maksimum berusia 40 (empat puluh) tahun.*

Dengan peraturan tersebut maka setiap maskapai yang beroperasi di Indonesia harus mematuhi masa operasional pesawatnya. Berikut ini tabel rata-rata umur pesawat yang beroperasi pada Bandar Udara Wamena.

**Tabel 4.18** Tabel Rata-rata Umur Pesawat yang Beroperasi di Bandar

Udara Wamena

| No | Jenis Pesawat Beroperasi | Pabrikan            | Tahun Beroperasi | Umur Pesawat (Tahun) |
|----|--------------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| 1  | C-206                    | Cessna              | 2005             | 11                   |
| 2  | C-208                    | Cessna              | 2005             | 11                   |
| 3  | PC-12                    | Pilatus             | 2007             | 9                    |
| 4  | PC-6                     | Pilatus             | 2007             | 9                    |
| 5  | DHC-6                    | De Havilland Canada | 1980             | 36                   |
| 6  | ATR 42-200               | ATR                 | 1995             | 21                   |
| 7  | ATR 72-200               | ATR                 | 1997             | 19                   |
| 8  | B737-200                 | Boeing              | 1982             | 34                   |
| 9  | B737-300 F               | Boeing              | 1985             | 31                   |
| 10 | BAe 146-200              | British Aerospace   | 1992             | 24                   |
| 11 | C-130 Hercules           | Lockheed            | 1968             | 48                   |

(**Sumber:** Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian  
Perhubungan Republik Indonesia)



**Tabel 4.19** Tabel Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di  
Bandar Udara Wamena Jangka Menengah (2025)

| No | Jenis Pesawat Beroperasi | Tahun Beroperasi | Tahun Operasional (PM No.7 Tahun 2016) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Ket |
|----|--------------------------|------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|    |                          |                  | 2026                                   | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |     |
| 1  | C-206                    | 2005             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 2  | C-208                    | 2005             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 3  | PC-12                    | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 4  | PC-6                     | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 5  | DHC-6                    | 1980             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 6  | ATR 42-200               | 1995             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 7  | ATR 72-200               | 1997             | O                                      | O    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 8  | B737-200                 | 1982             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 9  | B737-300                 | 1985             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 10 | BAe 146-200              | 1992             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 11 | C-130 Hercules           | 1968             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.20** Tabel Masa Operasional Pesawat yang Beroperasi di  
Bandar Udara Wamena Jangka Panjang (2035)

| No | Jenis Pesawat Beroperasi | Tahun Beroperasi | Tahun Operasional (PM No.7 Tahun 2016) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Ket |
|----|--------------------------|------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|    |                          |                  | 2016                                   | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |     |
| 1  | C-206                    | 2005             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 2  | C-208                    | 2005             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 3  | PC-12                    | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 4  | PC-6                     | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 5  | DHC-6                    | 1980             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 6  | ATR 42-200               | 1995             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 7  | ATR 72-200               | 1997             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    |     |
| 8  | B737-200                 | 1982             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 9  | B737-300                 | 1985             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 10 | BAe 146-200              | 1992             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |
| 11 | C-130 Hercules           | 1968             | X                                      | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |     |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Keterangan :

X = Pesawat Tidak Beroperasi

O = Pesawat Masih Beroperasi

Berdasarkan Tabel 4.19 didapatkan ada 5 jenis pesawat yang sudah semestinya tidak beroperasi lagi pada jangka menengah 10 tahun (2025) pada Bandar Udara Wamena. Sedangkan Tabel 4.20 ada 7 jenis pesawat yang sudah tidak dapat beroperasi pada jangka panjang 20 tahun (2035). Tidak dapat beroperasinya pesawat tersebut dikarenakan masa operasional yang diijinkan sesuai regulasi atau peraturan yang berlaku di Indonesia telah melewati batas yang diijinkan.

Sehingga dibutuhkan pesawat pengganti yang akan beroperasi menggantikan pesawat-pesawat yang telah habis masa operasionalnya. Berikut ini tabel pesawat-pesawat yang akan menggantikan beberapa jenis pesawat yang masa operasionalnya telah berakhir sesuai dengan umur perencanaan.

**Tabel 4.21** Tabel Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar Udara Wamena Jangka Menengah (2025)

| No | Jenis Pesawat Beroperasi | Tahun | Tahun Operasional (PM No.7 Tahun 2016) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Ket                      |
|----|--------------------------|-------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
|    |                          |       | 2016                                   | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |                          |
| 1  | N219                     | 2016  | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti DHC-6          |
| 2  | B737-800                 | 2006  | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti B737-200       |
| 3  | Bombardier CRJ 1000      | 2012  | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti BAe 146-200    |
| 4  | C130J Super Hercules     | 2013  | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti C-130 Hercules |
| 5  | B737-900 ER              | 2007  | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti B737-300       |

**Tabel 4.22** Tabel Pesawat Pengganti yang Beroperasi di Bandar

## Udara Wamena Jangka Panjang (2035)

| No | Jenis Pesawat Beroperasi | Tahun Beroperasi | Tahun Operasional (PM No.7 Tahun 2016) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Ket                      |
|----|--------------------------|------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
|    |                          |                  | 2026                                   | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |                          |
| 1  | N219                     | 2016             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti DHC-6          |
| 2  | B737-800                 | 2005             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti B737-200       |
| 3  | Bombardier CRJ 1000      | 2012             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti BAe 146-200    |
| 4  | C130J Super Hercules     | 2013             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti C-130 Hercules |
| 5  | B737-900 ER              | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti B737-300       |
| 6  | ATR 42-600               | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti ATR 42-200     |
| 7  | ATR 72-600               | 2007             | O                                      | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | O    | Pengganti ATR 72-200     |

**4.7. Estimasi Kapasitas Runway**

Dengan adanya peningkatan volume pergerakan pesawat perlu diketahui pula kemampuan kapasitas runway maksimum yang dapat melayani pergerakan pesawat. Perencanaan kapasitas runway menurut FAA adalah berdasarkan perhitungan *Practically Hourly Capacity* atau PHOCAP. Berikut adalah langkah-langkah menentukan PHOCAP.

1. Mencari harga Kapasitas Dasar Runway Per Jam (C) yang bergantung pada :
  - a. Harga Mix Index (MI), yaitu presentase campuran pesawat yang menggunakan landasan pacu. Berdasarkan data pergerakan Tahun 2005-2015, pesawat yang dilayani oleh Bandara Wamena adalah pesawat dengan klasifikasi kelas I-A dan kelas III-C. Tabel 4.33

adalah rekapitulasi presentase jumlah pergerakan pesawat di Bandara Wamena. Digunakan nilai rasio terbesar. Harga MI dapat dihitung dengan rumus  $MI = C + 3D$

Dimana :

C = Presentase pesawat kelas A (ICAO)/kelas I (FAA)

D = Presentase pesawat kelas C (ICAO)/kelas III (FAA)

Dari rumus tersebut didapat :

$$\begin{aligned} MI &= C + 3D \\ &= 55.92 \% + (3 \times 39.1) \\ &= 173.22 \% \end{aligned}$$

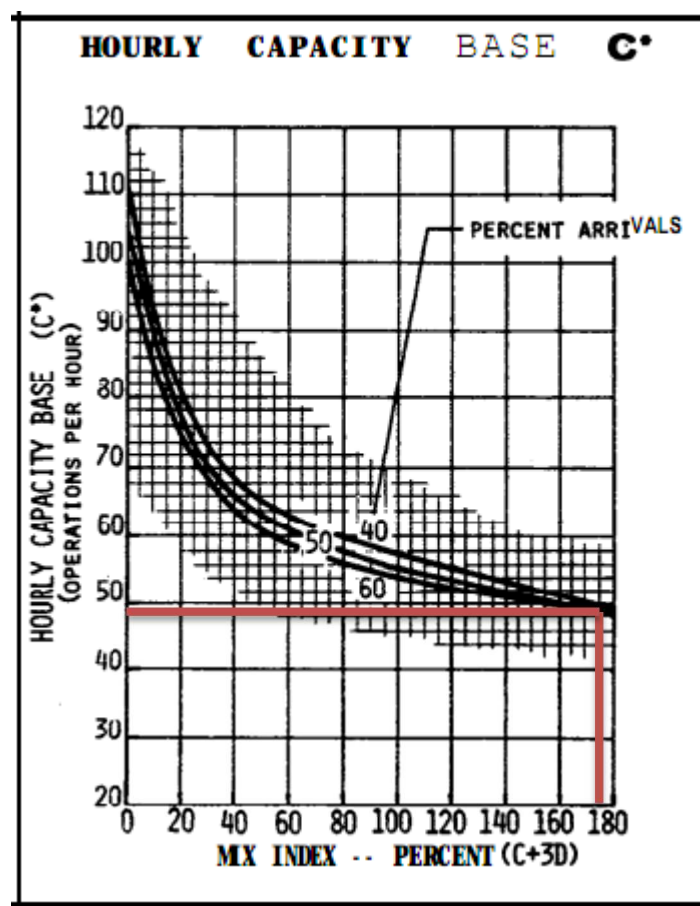
**Tabel 4.23** Rekapitulasi Presentase Jumlah Pregerakan Pesawat di  
Bandara Wamena

| Tahun | Pesawat Kelas I-A          |                          |                  | Pesawat Kelas II-B           |                          |                  | Pesawat Kelas III-C          |                          |                  |
|-------|----------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|
|       | Total Pergerakan Kelas I-A | Total Pergerakan Tahunan | Ratio Pergerakan | Total Pergerakan Kelas III-C | Total Pergerakan Tahunan | Ratio Pergerakan | Total Pergerakan Kelas III-C | Total Pergerakan Tahunan | Ratio Pergerakan |
| 2005  | 7811                       | 20,448                   | 38.20            | 982                          | 20,448                   | 4.80             | 11655                        | 20,448                   | 57.00            |
| 2006  | 7361                       | 19,319                   | 38.10            | 931                          | 19,319                   | 4.82             | 11027                        | 19,319                   | 57.08            |
| 2007  | 8701                       | 22,600                   | 38.50            | 1098                         | 22,600                   | 4.86             | 12801                        | 22,600                   | 56.64            |
| 2008  | 8557                       | 22,343                   | 38.30            | 1090                         | 22,343                   | 4.88             | 12695                        | 22,343                   | 56.82            |
| 2009  | 10335                      | 26,568                   | 38.90            | 1310                         | 26,568                   | 4.93             | 14923                        | 26,568                   | 56.17            |
| 2010  | 11372                      | 29,386                   | 38.70            | 1440                         | 29,386                   | 4.90             | 16574                        | 29,386                   | 56.40            |
| 2011  | 13142                      | 34,404                   | 38.20            | 1682                         | 34,404                   | 4.89             | 19579                        | 34,404                   | 56.91            |
| 2012  | 13072                      | 34,042                   | 38.40            | 1658                         | 34,042                   | 4.87             | 19312                        | 34,042                   | 56.73            |
| 2013  | 13398                      | 34,709                   | 38.60            | 1718                         | 34,709                   | 4.95             | 19593                        | 34,709                   | 56.45            |
| 2014  | 15014                      | 38,696                   | 38.80            | 1919                         | 38,696                   | 4.96             | 21763                        | 38,696                   | 56.24            |
| 2015  | 15405                      | 39,400                   | 39.10            | 1962                         | 39,400                   | 4.98             | 22032                        | 39,400                   | 55.92            |

- b. Untuk Presentase kedatangan dianggap 50 % dari total pergerakan pesawat total.

Berdasarkan nilai Mix Index dan presentase kedatangan dapat dicari besar Kapasitas Dasar Runway Per Jam (C) untuk kondisi VFR (*Visual Flight Rules*) dan kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*).

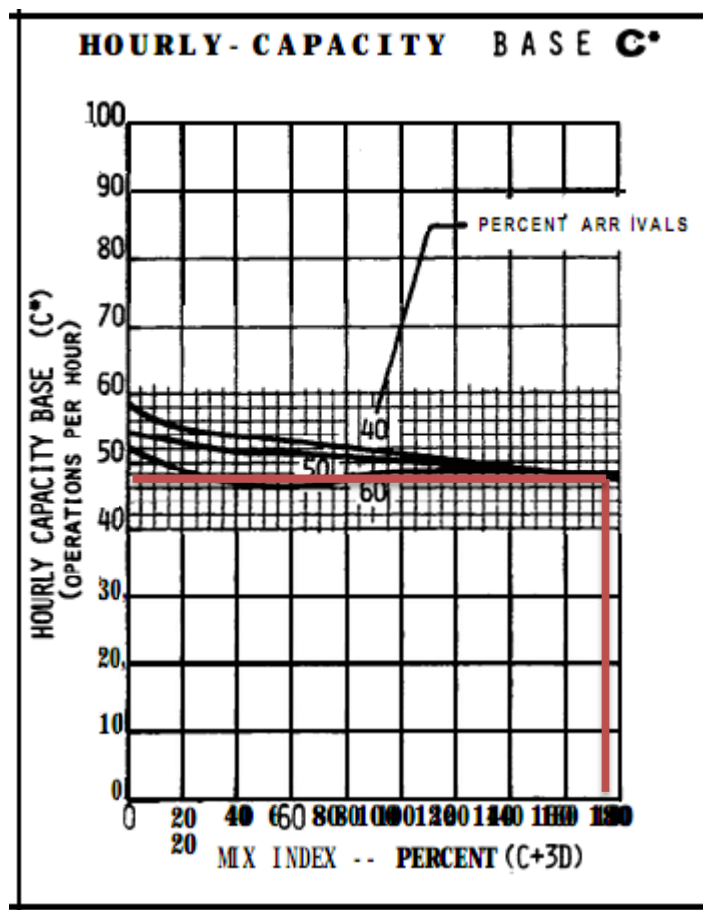
Kondisi VFR (*Visual Flight Rules*) adalah keadaan dengan kondisi cuaca baik dimana pilot dapat mendaratkan pesawat tanpa alat bantu pendaratan atau ILS (*Instrument Landing System*). Alat ini adalah alat bantu yang digunakan untuk membantu proses pendaratan pesawat dalam kondisi cuaca buruk. Kapasitas Dasar Runway (C) kondisi VFR diketahui dengan memplotkan nilai MI Index dan rasio kedatangan pada gambar 4.5. titik temu keduanya ditarik garis horizontal ke kiri hingga bertemu nilai kapasitas dasar per jam (C) didapatkan harga C sebesar 49 pergerakan per jam.



**Gambar 4.5 Kapasitas Dasar Runway Per Jam Kondisi VFR**

(Sumber: Advisory Circular AC 150-5060-5)

Selanjutnya dilakuakn perhitungan Kapasitas Dasar Runway Per Jam (C) kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*). Kondisi ini apabilapesawat harus landing pada cuaca buruk dengan alat bantu pendaratan atau ILS (*Instrument Landing System*). Kapasitas Dasar Runway (C) kondisi IFR diketahui dengan memplotkan nilai Mix Index dan rasio kedatangan pada Gambar 4.6. Titik Temu keduanya ditarik garis horizontal ke kiri hingga bertemu besar nilai kapasitas dasar per jam (C). didapatkan harga C sebesar 44 pergerakan per jam



Gambar 4.6 Kapasitas Dasar Runway Per Jam Kondisi IFR

(Sumber: Advisory Circular AC 150-5060-5)

2. Mencari harga Faktor Tak Menentu (T) berdasarkan untuk kondisi VFR (*Visual Flight Rules*) dan kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*). Untuk kondisi VFR dengan nilai MI Index sebesar 173.22 % dan berdasarkan tabel 4.24 didapatkan nilai T sebesar 1.00. sedangkan untuk kondisi IFR telah ditentukan nilai T adalah 1.00.

**Tabel 4.24** Faktor Tak Menentu Kondisi VFR

| Faktor Tak Menentu , T           |   |                    |
|----------------------------------|---|--------------------|
| Persen Pergerakan Datang & Pergi | Persentase Indeks Campuran Pesawat (C+3D) | Faktor Tak Menentu |
| 0                                | 0 sampai 180                              | 1.00               |
| 1 sampai 10                      | 0 sampai 70                               | 1.04               |
| 11 sampai 20                     | 0 sampai 70                               | 1.10               |
| 21 sampai 30                     | 0 sampai 40                               | 1.20               |
| 31 sampai 40                     | 0 sampai 10                               | 1.31               |
| 41 sampai 50                     | 0 sampai 10                               | 1.40               |

(Sumber: Advisory Circular AC 150-5060-5)

3. Mencari harga faktor jalan keluar (E), yang besarnya berdasarkan jumlah dan letak exit taxiway dari touchdown point serta tipe exit taxiway, yaitu tegak lurus atau standar. Untuk VFR berdasarkan data yang ada nilai Mix Index sebesar 173.22 % presentase kedatangan 50 %, serta jumlah exit taxiway eksisting (N) = 3. Maka sesuai dengan AC 150-5060-5 maka nilai E untuk kondisi VFR dan kondisi IFR sebesar 0.96.

Setelah parameter-parameter yang diperlukan didapat, maka dilakukan perhitungan PHOCAP (Practically Hourly Capacity) sebagai berikut :

Kondisi VFR (*Visual Flight Rules*)

C = 49 Pergerakan/jam

T = 1.00

E = 0.96

$$\begin{aligned}
 \text{PHOCAP} &= C \times T \times E \\
 &= 49 \times 1 \times 0.96 \\
 &= 47 \text{ pergerakan/jam.}
 \end{aligned}$$

Kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*)

$$C = 44 \text{ Pergerakan/jam}$$

$$T = 1.00$$

$$E = 0.96$$

$$\begin{aligned}
 \text{PHOCAP} &= C \times T \times E \\
 &= 44 \times 1 \times 0.96 \\
 &= 42 \text{ pergerakan/jam.}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas runway per jam (PHOCAP) dalam kondisi VFR adalah 47 pergerakan/jam dan PHOCAP dalam kondisi IFR sebesar 42 pergerakan/jam.

#### **4.8. Waktu Singgah Pesawat**

Sebuah pesawat memiliki waktu singgah yang bervariasi tergantung kelas dari pesawat tersebut yaitu antara 30 menit – 60 menit. Di Bandar Udara Wamena beroperasi pesawat kelas I-A, kelas II-B, kelas III-C dengan jumlah maksimum parkir pesawat sebanyak 7 buah parking stand. Jam operasional dalam satu hari yaitu mulai pukul 06.00 s/d 16.00 dengan diasumsikan permintaan kontinyu dan kapasitas maksimal.

$$\text{Pergerakan Maksimum} = 130 \text{ Pergerakan}$$

$$\text{Kapasitas Apron} = 7 \text{ unit pesawat.}$$

$$\text{Pergerakan perhari} = 130 \text{ pergerakan/hari} = 65 \text{ Siklus (Take off dan landing)}$$

$$\text{Lama operasional} = 10 \text{ jam (06.00-16.00)} = 10 \times 60 \text{ menit} = 600 \text{ menit}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Pergerakan per jam} &= \frac{\text{Pergerakan perhari}}{\text{Waktu Operasional}} \\
 &= \frac{130 \text{ Pergerakan}}{10 \text{ jam}} \\
 &= 13 \text{ Pergerakan/jam.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama Waktu Singgah} &= \frac{\text{Lama Operasional}}{\text{Jumlah Pergerakan Per Jam}} \\
 &= \frac{600 \text{ menit}}{13 \text{ Pergerakan/jam}} \\
 &= 46.153 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Siklus To-La} &= \frac{\text{Waktu Operasional}}{\text{Jumlah Pergerakan Per Hari}} \\
 &= \frac{600 \text{ menit}}{130 \text{ Pergerakan/hari}} \\
 &= 4.61 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

## **BAB V**

### **PERENCANAAN SISI UDARA**

#### **5.1. Perencanaan Geometrik**

##### **A. Penentuan Pesawat Rencana**

Dalam merencanakan pengembangan Bandar Udara perlu diperhatikan beberapa faktor seperti umur pesawat, perkembangan teknologi, kondisi bandara serta maskapai yang beroperasi. Saat ini di Bandar Udara Wamena pesawat terbesar yang beroperasi yaitu jenis Boeing 737-300 dan Boeing 737-200 dimana kedua jenis pesawat ini telah berumur  $\pm 25$  tahun. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan PM 7 Tahun 2016 tentang pembatasan umur pesawat atau masa operasional pesawat. Sehingga pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Wamena telah memasuki batas tersebut. Sehingga dalam kurun waktu 10 maupun 20 tahun mendatang akan terjadi peremajaan armada dari tiap-tiap maskapai.

Melihat kondisi diatas maka dibutuhkan jenis pesawat yang paling mungkin dioperasikan untuk mengganti dua tipe pesawat tersebut. Dibawah ini merupakan tabel perbandingan pesawat yang beroperasi dan pesawat rencana yang akan dioperasikan di Bandar Udara Wamena antara lain :

**Tabel 5.1** Tabel Karakteristik Pesawat dan Spesifikasinya

| Jenis Pesawat     | Boeing 737-200      | Boeing 737-300      | Boeing 737-800NG    | Boeing 737-900ER    | Airbus A320 Neo     |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Buatan            | Boeing Company      | Boeing Company      | Boeing Company      | Boeing Company      | Airbus Industry     |
| Tahun             | 1968                | 1984                | 1998                | 2006                | 2014                |
| Panjang badan (m) | 30.5                | 33.4                | 39.5                | 42.1                | 37.57               |
| Bentang sayap (m) | 28.4                | 28.9                | 34.3                | 34.3                | 35.8                |
| Tinggi (m)        | 11.22               | 11.16               | 12.56               | 12.6                | 11.76               |
| MTOW (kg)         | 58332               | 63276               | 79016               | 85200               | 79000               |
| Kapasitas (orang) | 2 Kelas = 102 orang | 2 kelas = 128 orang | 2 kelas = 160 orang | 2 kelas = 177 orang | 2 kelas = 165 orang |
|                   | 1 kelas = 130 orang | 1 kelas = 134 orang | 1 kelas = 184 orang | 1 kelas = 215 orang | 1 kelas = 189 orang |
| Daya Jelajah (km) | 3500                | 4204                | 5765                | 6045                | 6500                |
| ARFL (m)          | 2295                | 2749                | 2249                | 2256                | 2090                |

**Sumber:** Airbus Industry & Boeing Company, *Airport Planning and Aircraft*

#### *Characteristics*

Berdasarkan karakteristik pesawat pada tabel 5.1 maka dipilih jenis pesawat rencana yaitu Boeing 737-900 ER. Dipilihnya jenis pesawat ini dikarenakan pesawat ini merupakan pesawat keluaran terbaru dan memiliki teknologi terbaru serta memiliki kapasitas yang besar sehingga dapat mengatasi prediksi pergerakan penumpang hingga 20 tahun kedepan (2035). Selain itu, jenis pesawat ini dioperasikan oleh maskapai-maskapai di Indonesia seperti Lion Air, Garuda Indonesia, Citilink, Air Asia, Sriwijaya Air, Batik Air. Sehingga diharapkan adanya rute-rute dari dan menuju ke Wamena oleh maskapai-maskapai tersebut.

### 5.1.1. Landas Pacu (*Runway*)

#### 5.1.1.1 Perhitungan Panjang Landas Pacu

Panjang landas pacu atau *runway* ditentukan oleh ARFL pesawat rencana yang akan beroperasi. Berdasarkan hasil perbandingan pesawat rencana pada tabel 4.23 (bab IV hal. 116) yang akan dipakai pada perencanaan sisi udara Bandar Udara Wamena maka dipilih jenis pesawat Boeing 737-900 ER dengan klasifikasi jenis pesawat III-C pada tabel 2.2 (hal.14).

Untuk menentukan panjang landasan pacu atau *runway* terkoreksi, maka perlu dilakukan perhitungan koreksi ARFL pesawat terhadap temperatur, ketinggian (elevasi), dan kemiringan landasan (*slope*).

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan adalah sebagai berikut :

- Ketinggian lokasi dari muka air laut (h) = 1550 m
- Gradient efektif = 1.25 %

(Sumber : UPT Bandar Udara Kelas I Wamena, 2015)

#### 5.1.1.2 Koreksi Terhadap Temperatur

Faktor terkoreksi temperature (Ft) untuk memperhitungkan panjang landasan harus terkoreksi terhadap temperature sebesar 1 % untuk setiap kenaikan 1°C. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1000 m dari permukaan air laut rata-rata, temperatur berkurang sebesar 6.5°C. pada *Mean Sea Level* temperatur standar adalah 15°C berdasarkan data dari BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) stasiun Wamena temperatur tertinggi terjadi pada bulan Februari 2010 yaitu 20.2 °C. Maka perhitungan Ft adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
F_t &= 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065h)) \\
&= 1 + 0.01 (20.2 - (15 - 0.0065 \times 1550)) \\
&= 1 + 0.01 (20.2 - (15 - 10.075)) \\
&= 1.15275 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dimana :

T = Temperatur/ suhu maksimum (celcius)

h = ketinggian bandara (m)

#### 5.1.1.3 Koreksi Terhadap Ketinggian (elevasi)

Menurut ICAO factor koreksi elevasi (Fe), ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300 m (1000 ft) dari ketinggian muka laut. Maka rumus dari Fe Bandara Wamena adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
F_e &= 1 + 0.07 (h/300) \\
&= 1 + 0.07 (1550/300) \\
&= 1 + 0.361667 \\
&= 1.361667 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dimana :

h = ketinggian bandara (m)

#### 5.1.1.4 Koreksi Terhadap Kemiringan

Perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan “Effective Gradient” yaitu beda tinggi antara titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. Faktor koreksi kemiringan (Fs) sebesar 10 % setiap kemiringan 1 %.

$$\begin{aligned}
 F_s &= 1 + 0.1 S \\
 &= 1 + 0.1 (1.25\%) \\
 &= 1.00125 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

S = Kemiringan (Slope)

#### 5.1.1.5 Perencanaan dimensi landas pacu (*Runway*)

Dari perhitungan koreksi datas, maka dapat ditentukan panjang *runway* terkoreksinya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{ARFL} &= \frac{L_{ro}}{F_e \times F_t \times F_s} \\
 2256 \text{ m} &= \frac{L_{ro}}{1.361667 \times 1.15275 \times 1.00125}
 \end{aligned}$$

$$L_{ro} = 3545 \text{ meter}$$

Dimana :

ARFL = *Aerodrome References Field Length* (tabel 5.1. Pesawat B737-900 ER = 2256 meter)

$F_e$  = Faktor koreksi elevasi

$F_s$  = Faktor koreksi kemiringan

$F_t$  = Faktor koreksi suhu/temperatur

$L_{ro}$  = Panjang *runway* terkoreksi

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan panjang runway dari hasil konversi ARFL sebesar 3545 m. Sehingga perlu dilakukan perpanjangan 1370 meter dari panjang runway eksisting.

**a. Lebar Perkerasan Landas pacu**

Berdasarkan *Manual Aerodrome* yang dikeluarkan oleh ICAO untuk ntuk menentukan lebar runway minimum, menggunakan ARFL (*Aerdorome Reference Field Length*) terkoreksi seperti pada tabel dibawah ini :

**Tabel 5.2** Aerodrome Reference Code

| Code element 1     |   | Code element 2     |                                   |  |
|--------------------|---|--------------------|-----------------------------------|--|
| Code number<br>(1) | Aeroplane reference field length<br>(2) | Code letter<br>(3) | Wing span<br>(4)                  | Outer main gear wheel span <sup>a</sup><br>(5) |
| 1                  | Less than 800 m                         | A                  | Up to but not including 15 m      | Up to but not including 4.5 m                  |
| 2                  | 800 m up to but not including 1 200 m   | B                  | 15 m up to but not including 24 m | 4.5 m up to but not including 6 m              |
| 3                  | 1 200 m up to but not including 1 800 m | C                  | 24 m up to but not including 36 m | 6 m up to but not including 9 m                |
| 4                  | 1 800 m and over                        | D                  | 36 m up to but not including 52 m | 9 m up to but not including 14 m               |
|                    |   | E                  | 52 m up to but not including 65 m | 9 m up to but not including 14 m               |
|                    |   | F                  | 65m up to but not including 80m   | 14m up to but not including 16m                |

a. Distance between the outside edges of the main gear wheels.

( **Sumber:** ICAO-Manual Aerodromes.)

Kemudian tabel diatas diperoleh kode ARC ( *Aerodrome Reference Code*) 4C. Sehingga berdasarkan dari tabel 2.8 (bab II, hal 28) lebar *runway* diperoleh lebar yaitu 45 m (150 ft) dengan dilengkapi bahu landasan. Sehingga lebar total landasan beserta bahu landasannya paling kurang 60 m (200 feet).

**b. Kemiringan memanjang (*Longitudinal slope*) Landas pacu.**

Kemiringan landas pacu kode angka landasan 4 telah ditentukan berdasarkan tabel 2.9 (bab II, hal 29) Kemiringan *Longitudinal Slope* didapatkan data-data untuk kemiringan memanjang sebagai berikut :

- Untuk kemiringan memanjang efektif adalah 1%
- Untuk kemiringan memanjang maksimum adalah 1.25%
- Untuk perubahan kemiringan per 30 m adalah 0.1 %
- Untuk kemiringan memanjang pada  $\frac{1}{4}$  ujung landasan tidak boleh lebih dari 0.8 %.

**c. Kemiringan melintang (*Transversal slope*) Landas pacu.**

Untuk menjamin pengaliran air permukaan yang berada di atas landasan perlu kemiringan melintang dengan standar ICAO didapatkan kemiringan melintang (*Transversal Slope*) untuk kode huruf landas pacu C sebesar 1.5 %.

**5.1.1.6 Panjang, Lebar, kemiringan dan Perataan Strip Runway**

ICAO telah membuat aturan mengenai strip landasan pada tabel 2.10 (bab II, hal 30) (panjang, lebar, kemiringan, dan perataan strip landasan ) untuk kode angka landasan 4 yaitu

- Jarak min dari ujung landasan atau stopway sebesar 60 m
- Lebar strip landasan untuk landasan instrument sebesar 300 m
- Lebar strip landasan untuk landasan non instrumen sebesar 150 m
- Lebar area yang diratakan untuk landasan instrument sebesar 150 m
- Kemiringan memanjang max. Untuk area yang diratakan sebesar 1.5 %

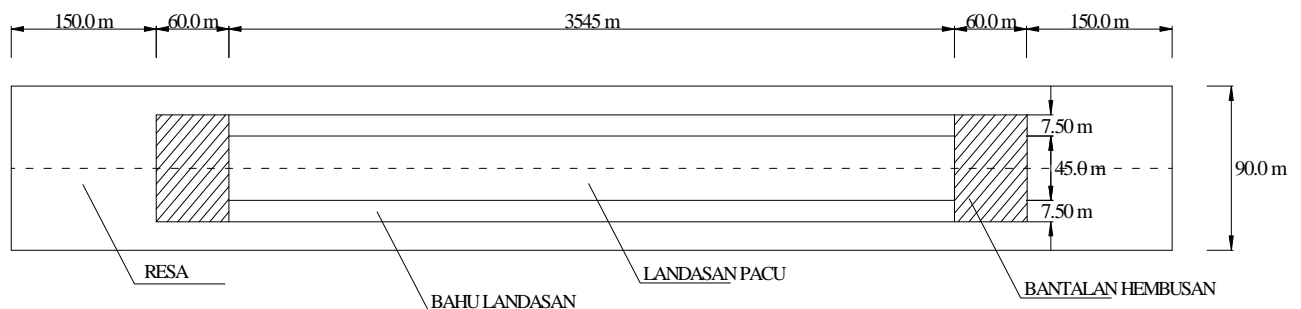


- Kemiringan transversal max. Dari areal yang diratakan sebesar 2.5 %

#### 5.1.1.7 Blastpad dan Runway Safety Area (RESA)

Beberapa elemen dasar runway yang perlu direncanakan antara lain :

- Blastpad*, berdasarkan tabel 2.6 (bab II, hal 26) ( dimensi *stopway / overrun* ) kode huruf C didapatkan lebar *runway* beserta bahu paling kurang 60 m dan lebarnya adalah 45 m sesuai dengan persyaratan yaitu lebar *stopway* tidak lebih besar daripada lebar *runway*. Serta kemiringannya adalah 0.3% per 30 m.
- Runway Safety Area* (RESA), menurut tabel 2.7 (bab II, hal 27) (dimensi *Runway Safety Area*) panjang area keamanan ujung landasan, dibuat dengan panjang secukupnya. Dimensi *RESA* sebesar 90 m untuk panjang minimum *runway* dengan nomor kode 3 dan 4. Sedangkan lebar *RESA* tidak boleh kurang dari 2 kali lebar *runway* yang ada, tetapi FAA mengisyaratkan lebar minimum 150 m (500 feet). Untuk kemiringan memanjang dan melintang maksimum 5%.



**Gambar 5.1** Landasan Pacu hasil perhitungan

#### 5.1.1.8 Arah Landasan Pacu

##### a) Analisa Arah Angin

Analisa arah angin adalah dasar pedoman bagi perencanaan lapangan terbang. Arah *runway* harus sedemikian hingga searah dengan *prevailing wind* atau arah angin dominan. Pada saat pesawat mendarat dan lepas landas pesawat terbang diusahakan tidak menerima komponen angin yang tegak lurus arah Bergeraknya pesawat (*cross wind*) yang berlebihan. *Cross Wind* yang berlebihan dapat mengakibatkan pesawat terdorong keluar yang dapat membahayakan penerbangan.

Besarnya *cross wind* yang dapat diterima oleh sebuah pesawat terbang dipengaruhi oleh karakteristik pesawat. ICAO menetapkan besarnya *cross wind* maksimum yang diizinkan berdasarkan panjang landasan pacu standar (ARFL) dari pesawat rencana. Menurut ICAO landasan pacu / *runway* harus berorientasi sedemikian rupa sehingga 95 % dari waktu pelayanan, *cross wind* yang terjadi harus lebih kecil dari *cross wind* maksimum yang diizinkan. Pesawat Boeing 737-900 ER yang diizinkan berdasarkan ARFL Pesawat adalah 20 knot, sesuai tabel 5.2.

**Tabel 5.3** Batasan Angin samping (*Cross Wind*) Maksimum

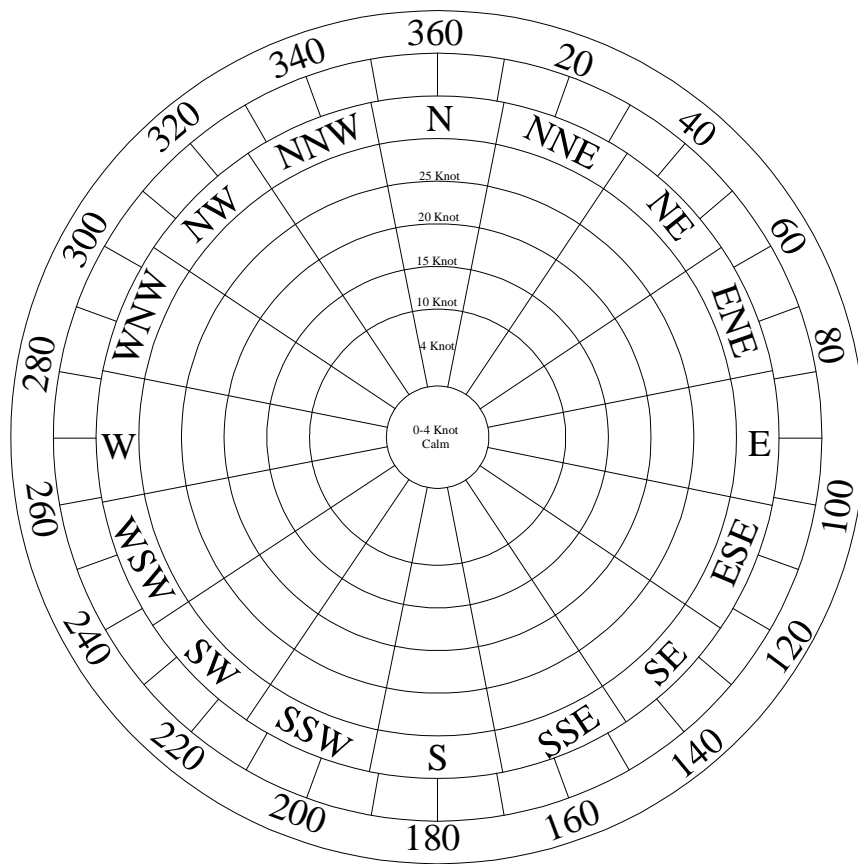
| ARFL        | Angin Sisi Maksimum (Maximumm <i>Cross Wind</i> ) |        |         |
|-------------|---|--------|---------|
|             | Knot  | Km/Jam | Mil/jam |
| > 1500      | 20  | 37     | 23      |
| 1200 – 1499 | 13  | 24     | 15      |
| < 1200      | 10  | 19     | 11.5    |

(Sumber : Arah Landasan Pacu, Grian Davinci (ICAO, *Aerodrome*,1990)

### **b) Mawar Angin (*Wind Rose*)**

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perancangan bandar udara adalah penentuan arah landas pacu yang memungkinkan pada rencana pengembangan berdasarkan hasil analisa arah dan kecepatan angin. Data arah dan kecepatan angin dapat diperoleh dari stasiun BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) terdekat dengan rencana lokasi bandara merupakan pendekatan terbaik untuk mengetahui karakteristik dan pola arah angin di rencana lokasi bandara. Data yang digunakan dalam studi ini adalah data selama 10 tahun.

Analisis arah angin (*Windroses analysis*) merupakan hal yang sangat efektif dalam penentuan arah landasan pacu. ICAO merekomendasikan arah landasan pacu bandar udara diupayakan sedapat mungkin harus searah dengan arah angin yang dominan. Mawar angin merupakan suatu gambar berbentuk lingkaran sebagai presentase angin, memiliki penyebaran kelopak seperti mawar di tengah lingkarannya dengan variasi warna berbeda-beda menandakan perbedaan kecepatan angin yang terjadi atau suatu gambar yang memetakan kecepatan dan arah angin dengan sederhana. *Wind rose* atau biasanya lebih dikenal dengan diagram mawar angin merupakan pengolahan dan penyajian data angin dalam bentuk tabel (ringkasan) atau diagram.



**Gambar 5.2** Grafik Mawar Angin (*Wind Rose*)

Setelah didapatkan data angin pada stasiun terdekat, data angina kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas seperti pada tabel 5.3. Setelah data dapat dikelompokkan menurut kecepatan dan arahnya diketahui presentase dari masing-masing arah mata angin selanjutnya membuat plot untuk *wind coveragenya*, berbentuk persegi panjang sebagai daerah pembatas presentase angin, seperti pada gambar 5.3. Pada Tugas ini *wind rose* diputar dan dihitung setiap  $10^\circ$  untuk mendapatkan presentase dan arah angin dominan (lampiran).

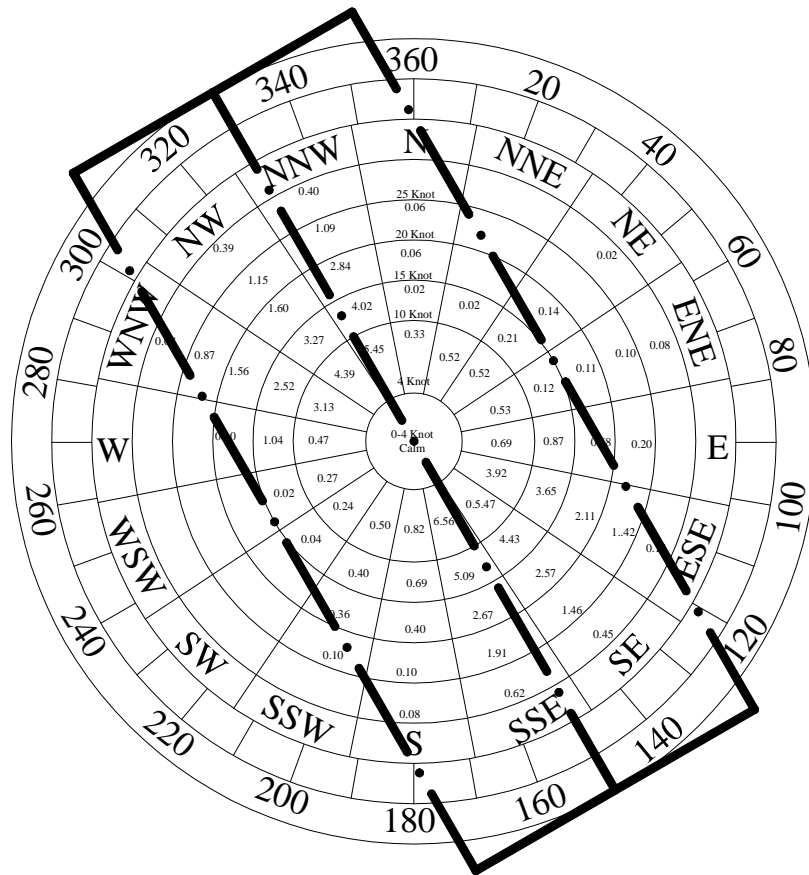
**Tabel 5.4 Data Angin**

| Arah Angin         |     | Presentase Angin (Knots) |           |           |           |           | Total (%) |
|--------------------|-----|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                    |     | 4 s/d 10                 | 10 s/d 15 | 15 s/d 20 | 20 s/d 25 | 25 s/d 35 |           |
| Utara              | N   | 0.10                     | 0.10      | 0.10      | 0.20      | 0.18      | 0.68      |
| Utara Timur Laut   | NNE | 0.00                     | 0.11      | 0.10      | 0.01      | 0.37      | 0.59      |
| Timur Laut         | NE  | 0.00                     | 0.18      | 0.11      | 0.23      | 0.73      | 1.25      |
| Timur Timur Laut   | ENE | 0.00                     | 0.11      | 0.10      | 0.10      | 1.37      | 1.68      |
| Timur              | E   | 0.10                     | 0.14      | 0.20      | 1.09      | 2.37      | 3.90      |
| Timur Menenggara   | ESE | 0.09                     | 0.20      | 2.30      | 3.46      | 4.09      | 10.14     |
| Tenggara           | SE  | 0.10                     | 0.10      | 3.21      | 6.40      | 6.75      | 16.56     |
| Selatan Menenggara | SSE | 0.12                     | 0.76      | 4.10      | 7.65      | 8.65      | 21.28     |
| Selatan            | S   | 0.08                     | 0.44      | 3.10      | 5.66      | 6.45      | 15.73     |
| Selatan Barat Daya | SSW | 0.12                     | 0.10      | 0.50      | 1.09      | 2.64      | 4.45      |
| Barat Daya         | SW  | 0.02                     | 0.22      | 0.30      | 1.18      | 1.18      | 2.90      |
| Barat Barat Daya   | WSW | 0.04                     | 0.11      | 0.20      | 0.91      | 1.00      | 2.26      |
| Barat              | W   | 0.03                     | 0.12      | 0.60      | 0.60      | 0.82      | 2.17      |
| Barat Barat Laut   | WNW | 0.10                     | 0.21      | 0.10      | 0.50      | 0.64      | 1.55      |
| Barat Laut         | NW  | 0.08                     | 0.23      | 0.20      | 0.70      | 0.46      | 1.67      |
| Utara Barat Laut   | NNW | 0.10                     | 0.11      | 0.34      | 0.10      | 0.27      | 0.92      |
| Sub Total          |     | 1.08                     | 3.24      | 15.56     | 29.88     | 37.97     | 87.73     |
| Calm 0 s/d 4 Knot  |     |                          |           |           |           |           | 12.27     |
| Total              |     |                          |           |           |           |           | 100.00    |

(Sumber : Hasil Perhitungan)



**Gambar 5.3 Wind Coverege Area**



**Gambar 5.4** Wind rose plot (sudut 150°-330°)

Setelah dihitung dan didapatkan arah angin dominan untuk tiap azimuth kemudian diambil yang terbesar untuk menentukan arah landasan seperti pada tabel 5.3 berikut.

**Tabel 5.5** Hasil Perhitungan Arah Landasan Pacu

| Arah Runway  | Azimuth            | ICAO (20 knot) |
|--------------|--------------------|----------------|
|              |                    | Total (%)      |
| 00-18        | 00° - 180°         | 93.28          |
| 01-19        | 10° - 190°         | 96.61          |
| 02-20        | 20° - 200°         | 90.30          |
| 03-21        | 30° - 210°         | 93.01          |
| 04-22        | 40° - 220°         | 90.03          |
| 05-23        | 50° - 230°         | 89.93          |
| 06-24        | 60° - 240°         | 92.76          |
| 07-25        | 70° - 250°         | 92.30          |
| 08-26        | 80° - 260°         | 94.89          |
| 09-27        | 90° - 270°         | 94.31          |
| 10-28        | 100° - 280°        | 93.79          |
| 11-29        | 110° - 290°        | 92.34          |
| 12-30        | 120° - 300°        | 93.67          |
| 13-31        | 130° - 310°        | 95.09          |
| 14-32        | 140° - 320°        | 96.87          |
| <b>15-33</b> | <b>150° - 330°</b> | <b>98.68</b>   |
| 16-34        | 160° - 340°        | 96.55          |
| 17-35        | 170° - 350°        | 92.54          |
| 18-36        | 180° - 360°        | 93.28          |
| Maksimum     |                    | 98.68          |
| Minimum      |                    | 89.93          |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil analisa *wind rose* (metode ICAO) arah landasan pacu yang memenuhi standar adalah 150°-330° atau 15-33 untuk nomor landasan. Sehingga arah landasan yang ada telah memenuhi syarat ICAO dan juga sesuai untuk kondisi angin pada daerah tersebut. Dari analisa ini didapatkan orientasi dan arah landasan tidak perlu di evaluasi.

### 5.1.2. Landas Hubung (*Taxiway*)

Fungsi dasar dari *taxiway* adalah untuk menyediakan akses antar *runway* dan daerah terminal juga *service hangar*. *Taxiway* harus dirancang dengan baik sehingga pesawat yang baru saja mendarat tidak terganggu oleh pesawat yang bergerak untuk *takeoff*. Dalam perencanaan kali ini pesawat rencana yang akan digunakan yaitu Boeing 737-900 ER.

#### 5.1.2.1. Jarak *Taxiway* dan *Runway*

Menurut tabel 2.13 (bab II, hal 35) pada Jarak Pemisahan Minimum untuk *Taxiway* jarak as *taxiway* ke as *runway* untuk bandara dengan *aircraft code* III-C adalah 93 meter.

#### 5.1.2.2. Dimensi *Taxiway*

Penentuan dimensi *taxiway* memiliki nilai minimum menurut ketentuan tabel 2.14 (bab II, hal 36) Dimensi *Taxiway* untuk Pesawat kode C, lebar *taxiway* untuk pesawat dengan roda putaran  $\geq 9$  m adalah 18 m. Dan jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi *taxiway* adalah 4.5 meter.

#### 5.1.2.3. *Taxiway Shoulders*

Menurut tabel 2.15 *Taxiway Shoulder* (bab II, hal 37) minimum untuk kode pesawat III-C adalah 25 m, jadi lebar *Taxiway shoulders* = 3.5 m (bahu *Taxiway* dengan perkerasan). Perhitungan tersebut didapat dari 25 m – 18 m = 7 m, karena *shoulders* terdapat di kedua sisi *taxiway* maka dibagi dua, dari perhitungan tersebut maka dapat diketahui lebar *taxiway* (landas hubung) disetiap sisinya = 3.5 m.



#### 5.1.2.4. Kemiringan *Taxiway*

- 1) *Taxiway Longitudinal Slope* yaitu kemiringan memanjang maksimum *taxiway* untuk kode pesawat III-C sesuai tabel 2.16 (bab II, hal 37). Didapatkan kemiringan memanjang maksimum *taxiway* sebesar 1.5 % dan perubahan maksimum kemiringan adalah 1 per 30 m, serta jari-jari peralihan minimum 3000 m.
- 2) *Taxiway Transversal slope*, perencanaan kemiringan melintang dari *taxiway* harus dapat mencegah terjadinya genangan air pada permukaan *taxiway*. Dimana berdasarkan tabel 2.17 (bab II, hal 38) kemiringan melintangnya tidak kurang dari 1 %. Untuk kode pesawat III-C kemiringan melintang maksimum dari *Taxiway* ditunjukkan oleh tabel yaitu sebesar 1.5 %.

#### 5.1.2.5. *Taxiway Strip*

Terdapat jarak minimum antara bagian tengah strip dan garis tengah *taxiway*. Berdasarkan tabel 2.18 (bab II, hal 38) dan 2.19 (bab II, hal 39) diatas kemiringan melintang berbatasan dari permukaan *taxiway* yang tidak horizontal sebesar 2.5 % dan kemiringan kebawah tidak mencapai 5 % dari ukuran horizontal. Sedangkan untuk jarak minimum bagian tengah strip dengan garis tengah (as) *taxiway* sejauh 12.5 m untuk pesawat tipe III-C. Agar pesawat dapat berhenti penuh sebelum melalui persimpangan maka perlu memenuhi ketentuan jarak lurus setelah belok dimana untuk kode C sebesar 75 m.

#### 5.1.2.6. Rapid Exit Taxiway dan Fillet Taxiway

Berdasarkan tabel 2.20 (bab II, hal 39) tentang jari-jari minimum taxiway untuk golongan pesawat III-C kecepatan pesawat dalam keadaan basah adalah 93 km/jam, jari-jari minimum belokan jalan pesawat sebesar 550 m. sedangkan sudut potong antara rapid exit *taxiway* dengan *runway* adalah  $30^\circ$ .

Fillet *taxiway* adalah lebar *taxiway* tambahan yang disediakan pada persimpangan *taxiway* untuk memfasilitasi beloknya pesawat terbang agar tidak tergelincir keluar jalur perkerasan yang ada. Berdasarkan tabel 2.21 (bab II, hal 40), tabel 2.22 (bab II, hal 41), tabel 2.23 (bab II, hal 41) untuk pesawat golongan III-C didapatkan nilai putaran *taxiway* (R) adalah 30 m, panjang dari peralihan ke fillet (L) 45 m, lebar paralel *taxiway* 23 m dan lebar dari dan keluar *taxiway* sebesar 26.5 m sedangkan untuk nilai jari-jari tikungan sisi *taxiway* dan *runway* sebesar  $R_1 = 41.5$  m;  $R_2 = 31.5$  m;  $r_0 = 53$  m;  $r_1 = 25$  m dan  $r_2 = 35$  m.

#### 5.1.3. Exit Taxiway

Exit taxiway adalah jalan penghubung antara *runway* dengan *taxiway*. Masing-masing tipe pesawat membutuhkan jarak dan sudut *taxiway* yang bervariasi. Lokasi *Exit Taxiway* ditentukan oleh titik sentuh pesawat waktu mendarat pada landasan kelakuan pesawat waktu mendarat.

**Tabel 5.6** Data kecepatan dan perlambatan pesawat

| Design Group | Vot     | Vtd     | Ve (m/det) |       |      | a1                    | a2                    |
|--------------|---------|---------|------------|-------|------|-----------------------|-----------------------|
|              | (m/det) | (m/det) | 30°        | 45°   | 90°  | (m/det <sup>2</sup> ) | (m/det <sup>2</sup> ) |
| I            | 46.94   | 44.17   | 30.87      | 20.58 | 7.72 | 0.76                  | 1.52                  |
| II           | 61.67   | 50      | 30.87      | 20.58 | 7.72 | 0.76                  | 1.52                  |
| III          | 71.94   | 61.67   | 30.87      | 20.58 | 7.72 | 0.76                  | 1.52                  |

(Sumber: ICAO)

Dimana :

Vot = kecepatan pendaratan

Vtd = kecepatan *touchdown*

Ve = Kecepatan keluar *exit taxiway*

a1 = perlambatan di udara

a2 = perlambatan di darat

Contoh Perhitungan :

Berdasarkan data diatas, data untuk pesawat Design Group III adalah :

- Kecepatan pendaratan (Vot) = 71.94 m/dt
- Kecepatan *touchdown* (Vtd) = 61.67 m/dt
- Kecepatan awal, ketika di titik *exit taxiway*
  - Untuk Ve 30° = 30.87 m/dt
  - Untuk Ve 45° = 20.58 m/dt
  - Untuk Ve 90° = 7.72 m/dt
- Perlambatan di udara (a1) = 0.76 m/dt<sup>2</sup>
- Perlambatan di darat (a2) = 1.52 m/dt

Setelah pesawat *touchdown* dari *runway*, maka pesawat akan mengalami perlambatan dari kecepatan *touchdown*nya menuju ke kecepatan yang lebih aman untuk segera berbelok kearah *taxiway*. Kecepatan pesawat berbelok bergantung kepada sudut dari *exit taxiway*. Kecepatan keluar *exit*

*taxiway* ini adalah kecepatan ketika pesawat berada di *tangent curve exit taxiway*.

Jarak dari titik *threshold* ke lokasi *exit taxiway* dihitung menggunakan persamaan 5, berdasarkan  $V_e = 30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  dapat dilihat pada tabel berikut.

Contoh Perhitungan :

- Sudut  $30^\circ$

$$D = \frac{V_{ot}^2 - V_e^2}{2 \times a_2}$$

$$= \frac{71.94^2 - 30.87^2}{2 \times 1.52}$$

$$= 1389 \text{ m}$$

Untuk perhitungan sudut 45 dan 90 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 5.7** Jarak dari *Touchdown* ke Lokasi *Exit Taxiway*

| Design Group | D (m)      |            |            |
|--------------|------------|------------|------------|
|              | $30^\circ$ | $45^\circ$ | $90^\circ$ |
| I            | 411        | 585        | 705        |
| II           | 938        | 1112       | 1231       |
| III          | 1389       | 1563       | 1683       |

(**Sumber:** Hasil Perhitungan)

Menurut Heru Basuki, 1986. Jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* harus ditambahkan faktor koreksi elevasi dan faktor koreksi temperature dengan beberapa ketentuan berikut:

- Untuk setiap penambahan ketinggian 300 meter dari MSL perpanjangn sebesar 3 %. Elevasi *runway* Bandar Udara Wamena berada pada ketinggian 1550 m di atas MSL.

$$\text{Faktor koreksi} = 1 + 0.03 \times (1550/300) = 1.155$$

- Untuk setiap kenaikan suhu 5.6°C dari 15°C suhu di runway adalah 20.2°C.

$$\text{Faktor koreksi} = 1 + ((20.2-15)/5.6) \times 1 \% = 1.009$$

Maka D terkoreksi yaitu  $D \times 1.155 \times 1.009$  untuk masing-masing sudut adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan D2 terkoreksi sudut 30°

$$\begin{aligned} \text{D2 terkoreksi} &= \text{D2 sudut } 30^\circ \times 1.155 \times 1.009 \\ &= 1389\text{m} \times 1.155 \times 1.009 \\ &= 1619 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan sudut 45° dan 90° dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 5.8** Jarak dari *Touchdown* ke Lokasi *Exit Taxiway* terkoreksi

| Kategori Pesawat | D (m) |      |      |
|------------------|-------|------|------|
|                  | 30°   | 45°  | 90°  |
| A                | 479   | 682  | 822  |
| B                | 1093  | 1296 | 1435 |
| C                | 1619  | 1822 | 1961 |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Sehingga, jarak total dari *threshold* ke *exit taxiway* menjadi :  $S = \text{Jarak}$

*Touchdown* + D ke lokasi *Exit Taxiway*

Contoh perhitungan S sudut 30° Pesawat Kategori A

$$\begin{aligned} \text{Jarak dari Thresold} &= \text{Jarak Touchdown} + \text{D ke lokasi } \textit{Exit Taxiway} \\ &= 300 \text{ m} + 479 \text{ m} \\ &= 779 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan sudut 45° dan 90° dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 5.9** Jarak dari *Thresold* ke Lokasi *Exit Taxiway*

| Design Group | D (m) |      |      |
|--------------|-------|------|------|
|              | 30°   | 45°  | 90°  |
| I            | 779   | 1032 | 1172 |
| II           | 1543  | 1646 | 1785 |
| III          | 2069  | 2272 | 2411 |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

*Exit Taxiway* di desain untuk memungkinkan pesawat membelok dengan kecepatan yang lebih tinggi, hal itu akan mengurangi waktu yang diperlukan pesawat untuk segera meninggalkan landas pacu (Horonjeff, 1988). Untuk penentuan sudut, harus dipilih sudut yang memungkinkan untuk pesawat melintas dengan kecepatan tinggi yaitu sudut 30° dan sudut 45°.

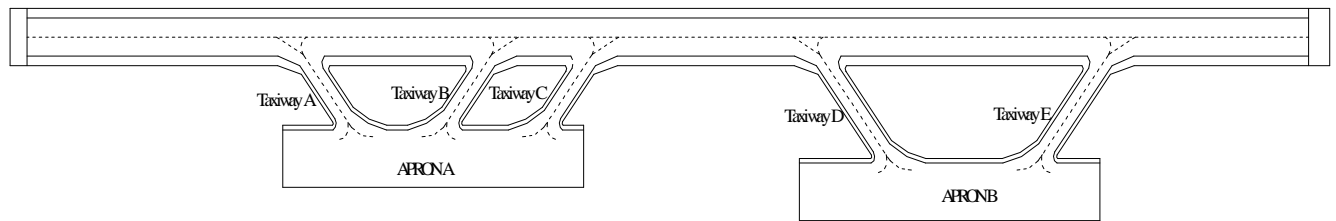
#### 5.1.3.1. Perencanaan jarak minimum untuk penentuan jumlah *exit taxiway*

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil perencanaan untuk letak *exit taxiway* didapatkan jarak total minimum dari *thresold* ke lokasi *exit taxiway* (D). Dimana dalam buku *Merancang, Merencana Lapangan Terbang* hal. 204 jarak touchdown ditentukan berdasarkan design group pesawat. Dibawah ini merupakan tabel jarak threshold ke titik exit taxiway, dalam perencanaan digunakan exit taxiway bersudut 30°.

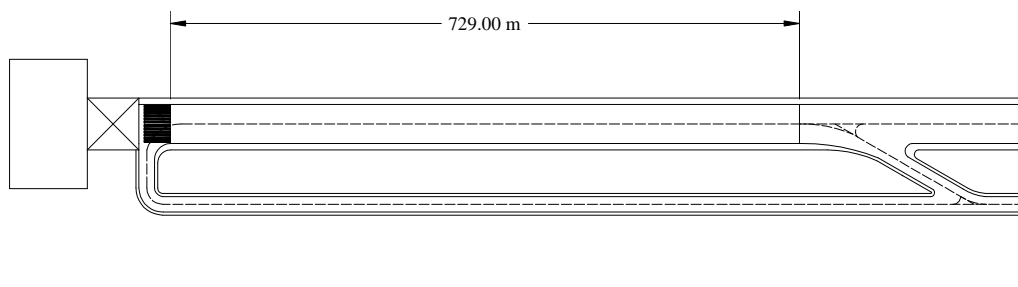
**Tabel 5.10** Jarak *thresold* sampai titik awal kurve *exit taxiway*

| Design Group | Jarak Touchdown | D (m) |      |      |
|--------------|-----------------|-------|------|------|
|              |                 | 30°   | 45°  | 90°  |
| I            | 300             | 779   | 1032 | 1172 |
| II           | 450             | 1543  | 1646 | 1785 |
| III          | 450             | 2069  | 2272 | 2411 |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

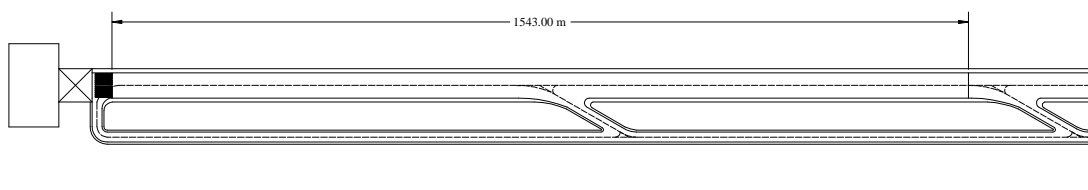


**Gambar 5.5** Gambar Kondisi *Taxiway Eksisting*



**Gambar 5.6** Gambar Rencana lokasi Exit Taxiway Pesawat Design

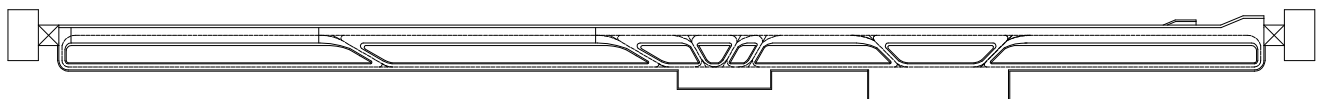
Group I



**Gambar 5.7** Gambar Rencana Lokasi Exit Taxiway Pesawat Design

Group II

Dari hasil perhitungan jarak lokasi *Exit Taxiway* pesawat design group III tidak terjadi penambahan lokasi *Exit Taxiway* karena jarak yang dihasilkan pada perhitungan sudah terdapat *Exit Taxiway* eksisting. Sehingga hanya menambah 2 buah Exit Taxiway untuk pesawat design group I dan design group II.



**Gambar 5.8** Gambar Rencana *Exit Taxiway*

#### 5.1.4. Apron

Apron merupakan fasilitas yang melayani terminal sehingga harus didesain sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik terminal yang menggunakan apron tersebut. Dalam perencanaan sebuah *apron* diharapkan ukuran pelataran parkir pesawat harus dapat melayani arus lalu lintas maksimum yang diperlukan.

**Tabel 5.11** Kelompok Pesawat Berdasarkan Ukuran Bentang Sayap

| Kelompok                                    | Jenis Pesawat  | Bentang Sayap (m) | Panjang Badan (m) |
|---|----------------|-------------------|-------------------|
| I<br>$L < 15 \text{ m}$                     | C-206          | 11                | 9                 |
|   | C-208          | 11                | 9                 |
|   | PC-12          | 10                | 7.8               |
|   | PC-6           | 10                | 7.8               |
| II<br>$15 \text{ m} < L \leq 24 \text{ m}$  | DHC-6          | 19.8              | 15.8              |
| III<br>$24 \text{ m} < L \leq 36 \text{ m}$ | ATR 42-200     | 25                | 23                |
|   | ATR 72-200     | 25                | 27                |
|   | B737-200       | 28.4              | 30.5              |
|   | B737-300       | 28.9              | 33.4              |
|   | B737-900ER     | 35.8              | 39.5              |
|   | B737-800NG     | 34.3              | 39.5              |
|   | BAe 146-200    | 26                | 29                |
| IV<br>$36 \text{ m} < L \leq 52 \text{ m}$  | C-130 Hercules | 40.4              | 29.8              |

(Sumber: Advisory Circular (AC) 150/5300 : *Airport Design*, FAA)

Diperoleh jumlah untuk tiap-tiap kelompok pesawat sebagai berikut :

Kelompok I = 4 pesawat.

Kelompok II = 1 pesawat.

Kelompok III = 7 pesawat.

Kelompok IV = 1 pesawat.



$$\text{Total} = 4 + 1 + 7 + 1 = 13 \text{ pesawat.}$$

Sehingga persentasenya menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kelompok I} &= \frac{4}{13} \times 100 \% \\ &= 30.77 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelompok II} &= \frac{1}{13} \times 100 \% \\ &= 7.69 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelompok III} &= \frac{7}{13} \times 100 \% \\ &= 53.85 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelompok IV} &= \frac{1}{13} \times 100 \% \\ &= 7.69 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan jam puncak rencana, diperoleh jumlah pergerakan untuk tahun rencana adalah 11 pergerakan/jam. Jadi pada tahun 2034 diperhitungkan jumlah pergerakan untuk masing-masing kelompok pesawat adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kelompok I} &= 30.77 \% \times 11 \\ &= 3.077 = 4 \text{ Pergerakan/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelompok II} &= 7.69 \% \times 11 \\ &= 0.769 = 1 \text{ Pergerakan/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelompok III} &= 53.85 \% \times 11 \\ &= 5.385 = 6 \text{ Pergerakan/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelompok IV} &= 7.69 \% \times 11 \\ &= 0.769 = 1 \text{ Pergerakan/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dengan asumsi bahwa prosentase tersebut besarnya sama untuk tahun rencana yang akan datang.

Waktu yang dibutuhkan pesawat mendiami suatu pintu apron tergantung ukuran pesawat dan tipe operasi, yaitu merupakan penerbangan terusan atau penerbangan pulang pergi, sehingga membutuhkan pelayanan yang lengkap, baik itu untuk mengisi bahan bakar, membersihkan pesawat, menaikkan bagasi, dan lain sebagainya. Untuk itu dibutuhkan waktu pemakaian pintu antara 40 – 60 menit.

Faktor pemakaian pintu berkisar antara 0.6 – 0.8 karena pintu hubungannya digunakan bersama-sama oleh semua perusahaan penerbangan. Volume kedatangan dan volume keberangkatan dianggap sama, sehingga rasio kedatangan terhadap pergerakan toral adalah 0.5 atau 50 %.

Diambil faktor pemakaian pintu (U) 0.8 maka jumlah pintu apron bias dilihat pada perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} G_I &= 0.5 \times \frac{60}{60} \times \frac{4}{0.8} \\ &= 2.5 \approx 3 \text{ pintu.} \end{aligned}$$

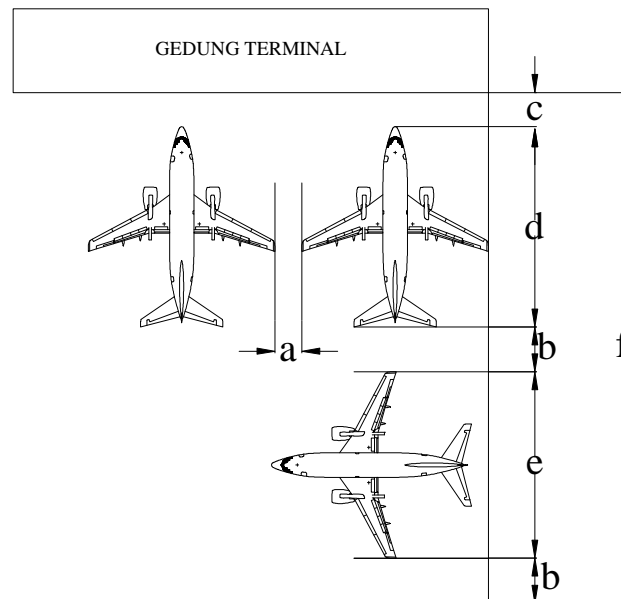
$$\begin{aligned} G_{II} &= 0.5 \times \frac{60}{60} \times \frac{1}{0.8} \\ &= 0.625 \approx 1 \text{ pintu.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{III} &= 0.5 \times \frac{60}{60} \times \frac{6}{0.8} \\ &= 3.75 \approx 4 \text{ pintu.} \end{aligned}$$

$$G_{IV} = 0.5 \times \frac{60}{60} \times \frac{1}{0.8}$$

$$= 0.625 \approx 1 \text{ pintu.}$$

Selanjutnya dihitung dimensi apron berdasarkan dimensi pesawat yang terbesar untuk masing-masing kelompok.



**Gambar 5.9** Ukuran Denah Apron

Keterangan :

- a = Jarak ujung sayap diantara dua pesawat  
= 20' – 25' (6 – 7.5 m)
- b = Jarak ujung sayap pesawat yang sedang melakukan taxi dan pesawat yang diparkir atau dengan obyek lain.
- c = Jarak antara hidung pesawat dengan gedung terminal (lihat tabel 5.8)
- d = Panjang badan pesawat
- e = Jarak antara ujung sayap dengan ujung sayap (lebar pesawat).

f = Lebar total apron yang dibutuhkan.

**Tabel 5.12** Jarak antara hidung pesawat dengan gedung terminal

| <b>Tipe Pintu</b> | <b>Jarak antara Hidung Pesawat dengan Gedung Terminal</b> |
|-------------------|---|
| A                 | 30 ft/ 9 m  |
| B                 | 20 ft/ 6 m  |
| C                 | 20 ft / 6 m   |
| D                 | 15 ft / 4.5 m   |

Ukuran dimensi pesawat yang terbesar diperlihatkan pada tabel berikut :

**Tabel 5.13** Dimensi Pesawat Terbesar Masing-masing kelompok

| <b>Kelompok</b> | <b>Bentang Sayap (m)</b> | <b>Panjang Badan (m)</b> |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| I               | 11                       | 9                        |
| II              | 19.8                     | 15.8                     |
| III             | 35.8                     | 39.5                     |
| IV              | 40.4                     | 29.8                     |

Diambil jarak antara gedung pesawat dengan gedung terminal sejauh 9 meter sehingga perhitungan dimensi apron adalah sebagai berikut :

a = 7.5 meter.

b = 13.5 meter.

c = 9 meter.

• Kelompok I :

L = e = 11 meter.

d = 9 meter.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= c + d + 2b + e \\
 &= 9 + 9 + (2 \times 13.5) + 11 \\
 &= 56 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 4a + 3L \\
 &= (4 \times 7.5) + (3 \times 11) \\
 &= 63 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- Kelompok II :

$$L = e = 19.8 \text{ meter.}$$

$$d = 15.8 \text{ meter.}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= c + d + 2b + e \\
 &= 9 + 15.8 + (2 \times 13.5) + 19.8 \\
 &= 71.6 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= a + L \\
 &= (1 \times 7.5) + (19.8) \\
 &= 27.3 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- Kelompok III :

$$L = e = 35.8 \text{ meter.}$$

$$d = 39.5 \text{ meter.}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= c + d + 2b + e \\
 &= 9 + 39.5 + (2 \times 13.5) + 35.8 \\
 &= 111.3 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 6a + 4L \\
 &= (6 \times 7.5) + (4 \times 35.8) \\
 &= 188.2 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- Kelompok IV :

$$L = e = 40.4 \text{ meter.}$$

$$d = 29.8 \text{ meter.}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= c + d + 2b + e \\ &= 9 + 29.8 + (2 \times 13.5) + 40.4 \\ &= 106.2 \text{ meter.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= a + L \\ &= (1 \times 7.5) + (40.4) \\ &= 47.9 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar total} = 63 + 27.3 + 188.2 + 47.9 = 326.4 \text{ meter} \approx 330 \text{ meter}$$

Panjang yang diambil panjang maksimum dari kelompok pesawat yaitu = 111.3 meter  $\approx$  112 meter. Sehingga didapatkan dimensi panjang 112 meter dan lebar 330 meter atau seluas 36,960 meter<sup>2</sup>. Dimana kondisi eksisting saat ini seluas 24,120 m<sup>2</sup> sehingga dibutuhkan perluasan sebesar 12,840 m<sup>2</sup>.

## 5.2. Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Metode FAA

Dalam perhitungan perkerasan pada pengembangan sisi udara Bandar Udara Wamena ini dibagi menjadi 2 jangka waktu berdasarkan masa operasional pesawat yang akan dilayani. 2 (dua) jangka waktu tersebut yaitu Jangka waktu menengah 10 tahun (2025) dan Jangka waktu panjang 20 tahun (2035). Sehingga didapatkan hasil perencanaan perkerasan untuk 2 tahap pengembangan Jangka Menengah dan Jangka Panjang.

Dalam menghitung tebal lapisan perkerasan lentur/kaku, lebih dahulu dihitung ESWL (Equivalent Single Wheel Load) pesawat yang akan datang dan pergi dengan persamaan :

$$ESWL = \frac{0.95 \times MTOW}{n_r}$$

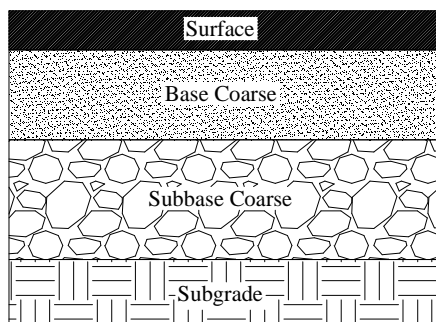
Dimana :

MTOW = Berat Takeoff Maksimum.

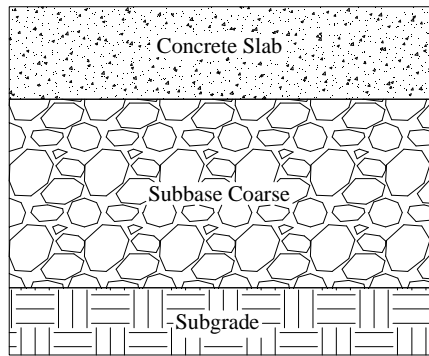
0.95 = Merupakan konstanta karena 95 % beban dipikul oleh roda pendaratan utama.

$n_r$  = Jumlah roda pendaratan utama.

Susunan tebal perkerasan yang akan dihitung adalah sebagai berikut :



**Gambar 5.10** Susunan Lapisan Perkerasan Lentur



**Gambar 5.11** Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

**Tabel 5.14** Perhitungan ESWL Jangka Menengah 10 Tahun (2025)

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jumlah Roda | ESWL (lbs) |
|----|----------------------|------------|-------------|------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | 1           | 3,420.00   |
| 2  | C-208                | 8,807      | 2           | 4,183.33   |
| 3  | PC-12                | 10,450     | 2           | 4,963.75   |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | 2           | 2,303.75   |
| 5  | N 219                | 16,000     | 2           | 7,600.00   |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | 4           | 8,744.04   |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | 4           | 11,257.26  |
| 8  | B737-800             | 174,400    | 4           | 41,420.00  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | 4           | 44,578.75  |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | 4           | 21,802.50  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | 8           | 20,781.25  |
|    |                      |            | Σ           | 171,054.63 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

**Tabel 5.14** Perhitungan ESWL Jangka Panjang 20 Tahun (2035)

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jumlah Roda | ESWL (lbs) |
|----|----------------------|------------|-------------|------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | 1           | 3,420.00   |
| 2  | C-208                | 8,807      | 2           | 4,183.33   |
| 3  | PC-12                | 10,450     | 2           | 4,963.75   |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | 2           | 2,303.75   |
| 5  | N 219                | 16,000     | 2           | 7,600.00   |
| 6  | ATR 42-600           | 41,005     | 4           | 9,738.69   |
| 7  | ATR 72-600           | 50,705     | 4           | 12,042.44  |
| 8  | B737-800             | 174,400    | 4           | 41,420.00  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | 4           | 44,578.75  |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | 4           | 21,802.50  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | 8           | 20,781.25  |
|    |                      |            | Σ           | 172,834.45 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)



### 5.2.1. Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perhitungan Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dengan metode FAA harus mengetahui lebih dahulu besarnya keberangkatan dari tiap jenis pesawat untuk masa yang akan datang. Cara mencarinya adalah dengan mencari prosentase keberangkatan tiap jenis pesawat terhadap jumlah total dalam satu tahun. Kemudian dengan asumsi bahwa prosentase tersebut tetap untuk tahun rencana, hasilnya dikalikan dengan jumlah pergerakan pada tahun rencana.

Dicari juga tebal lapisan perkerasan masing-masing pesawat untuk menentukan pesawat rencana. Pesawat rencana merupakan pesawat yang bebannya menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar, pesawat rencana tidak selalu yang terberat.

Sebelum menghitung perkerasan lentur terlebih dahulu diketahui nilai-nilai CBR antara lain sebagai berikut :

- Tanah Dasar                      = 6%
- Subbase                              = 30%
- Base Coarse                        = 80%

### 5.2.1. Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Jangka Waktu 10 Tahun (2025)

**Tabel 5.16** Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jenis Roda | % Terhadap Jumlah Total Tahunan | Forecast Annual Departure | Tebal Lapisan (in) |
|----|----------------------|------------|------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW         | 4.72                            | 2925                      | 14.8               |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW         | 17.88                           | 11080                     | 15.2               |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW         | 1.62                            | 1004                      | 14.9               |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW         | 14.88                           | 9221                      | 15.0               |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW         | 4.98                            | 3086                      | 15.0               |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | DW         | 5.92                            | 3669                      | 17.5               |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | DW         | 12.11                           | 7504                      | 18.8               |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW         | 11.03                           | 6835                      | 35.6               |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW         | 16.41                           | 10169                     | 39.7               |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW         | 7.13                            | 4418                      | 25.2               |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT         | 3.30                            | 2045                      | 29.6               |

Catatan :

- a) MTOW : Maksimum TakeOff Weight
- b) SW : *Single Wheel*
- c) DW : *Dual Wheel*
- d) DT : *Dual Tandem*
- e) Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan Gambar 2.13 (bab II, hal 57), 2.14 (bab II, hal 58) dan 2.15 (bab II, hal 59) dengan nilai CBR 6% (lampiran).
- f) Forecast Annual Departure berdasarkan tabel 4.12 pada hal 103

Dari tabel 5.16 dipilih pesawat jenis Boeing 737-900 ER karena membutuhkan tebal lapisan paling besar.

- a. Menentukan *Equivalen Annual Departures* (EAD), pesawat rencana dengan rumus :

$$\log R_1 = \log R_2 \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^{0.5}$$

Dimana :

$W_1$  = Beban satu roda pendaratan pesawat rencana (lbs)/ ESWL Boeing 737-900 ER (Tabel 5.14 Perhitungan ESWL ).

$W_1$  = 44578.75 lbs

$W_2$  = Beban Satu Roda Pendaratan tiap pesawat yang dilayani.

Contoh perhitungan :

Boeing 737-900

$$\begin{aligned} W_2 &= 0.95 \times \frac{MTOW}{Main Gear} \\ &= 0.95 \times \frac{187700}{4} \\ &= 44578.75 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan  $W_2$  pesawat yang dilayani dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut ini :

**Tabel 5.17** Perhitungan  $W_2$  Pesawat yang dilayani

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jumlah Roda | $W_2$ (lbs) |
|----|----------------------|------------|-------------|-------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | 1           | 3,420.00    |
| 2  | C-208                | 8,807      | 2           | 4,183.33    |
| 3  | PC-12                | 10,450     | 2           | 4,963.75    |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | 2           | 2,303.75    |
| 5  | N 219                | 16,000     | 2           | 7,600.00    |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | 4           | 8,744.04    |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | 4           | 11,257.26   |
| 8  | B737-800             | 174,400    | 4           | 41,420.00   |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | 4           | 44,578.75   |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | 4           | 21,802.50   |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | 8           | 20,781.25   |
|    |                      |            | $\Sigma$    | 171,054.63  |

$R_2$  = *Annual Departure* jenis pesawat yang dilayani. Dihitung dengan faktor konversi terhadap roda pendaratan dari pesawat rencana menggunakan tabel 2.28. Faktor konversi roda pendaratan *Single wheel* ke *Dual Wheel* sebesar 0.8 dan *Dual Tandem* ke *Dual Wheel* sebesar 1.7

Hasil perhitungan konversi roda pendaratan dapat dilihat pada tabel 5.18 berikut :

**Tabel 5.18** Perhitungan  $R_2$  hasil konversi roda pendaratan pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Konfigurasi Roda | Forecast Departure | Faktor Pengali | $R_2$    |
|----|----------------------|------------|------------------|--------------------|----------------|----------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW               | 2925               | 0.8            | 2339.95  |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW               | 11080              | 0.8            | 8864.04  |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW               | 1004               | 0.8            | 803.12   |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW               | 9221               | 0.8            | 7376.78  |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW               | 3086               | 0.8            | 2468.84  |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | DW               | 3669               | 1.0            | 3668.56  |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | DW               | 7504               | 1.0            | 7504.44  |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW               | 6835               | 1.0            | 6835.18  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW               | 10169              | 1.0            | 10169.11 |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW               | 4418               | 1.0            | 4418.39  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT               | 2045               | 1.7            | 3476.46  |

**Tabel 5.19** Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat rencana

| No | Jenis Pesawat        | R <sub>2</sub> | Log R <sub>2</sub> | ESWL (W <sub>2</sub> ) | ESWL Pesawat Rencana (W <sub>1</sub> ) | Log R <sub>1</sub> | R <sub>1</sub> |
|----|----------------------|----------------|--------------------|------------------------|--|--------------------|----------------|
| 1  | C-206                | 2339.95        | 3.37               | 3,420.00               | 44,578.75                              | 0.93               | 8.574          |
| 2  | C-208                | 8864.04        | 3.95               | 4,183.33               | 44,578.75                              | 1.21               | 16.192         |
| 3  | PC-12                | 803.12         | 2.90               | 4,963.75               | 44,578.75                              | 0.97               | 9.317          |
| 4  | PC-6                 | 7376.78        | 3.87               | 2,303.75               | 44,578.75                              | 0.88               | 7.573          |
| 5  | N 219                | 2468.84        | 3.39               | 7,600.00               | 44,578.75                              | 1.40               | 25.163         |
| 6  | ATR 42-200           | 3668.56        | 3.56               | 8,744.04               | 44,578.75                              | 1.58               | 37.902         |
| 7  | ATR 72-200           | 7504.44        | 3.88               | 11,257.26              | 44,578.75                              | 1.95               | 88.597         |
| 8  | B737-800             | 6835.18        | 3.83               | 41,420.00              | 44,578.75                              | 3.70               | 4970.418       |
| 9  | B737-900 ER          | 10169.11       | 4.01               | 44,578.75              | 44,578.75                              | 4.01               | 10169.105      |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 4418.39        | 3.65               | 21,802.50              | 44,578.75                              | 2.55               | 354.229        |
| 11 | C130J Super Hercules | 3476.46        | 3.54               | 20,781.25              | 44,578.75                              | 2.42               | 261.678        |
|    |                      |                |                    |                        |  | Total              | 15948.75       |

Karena  $\Sigma R_1 = 15948.75 < 25,000$  maka tidak perlu dilakukan koreksi terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.20 berikut :

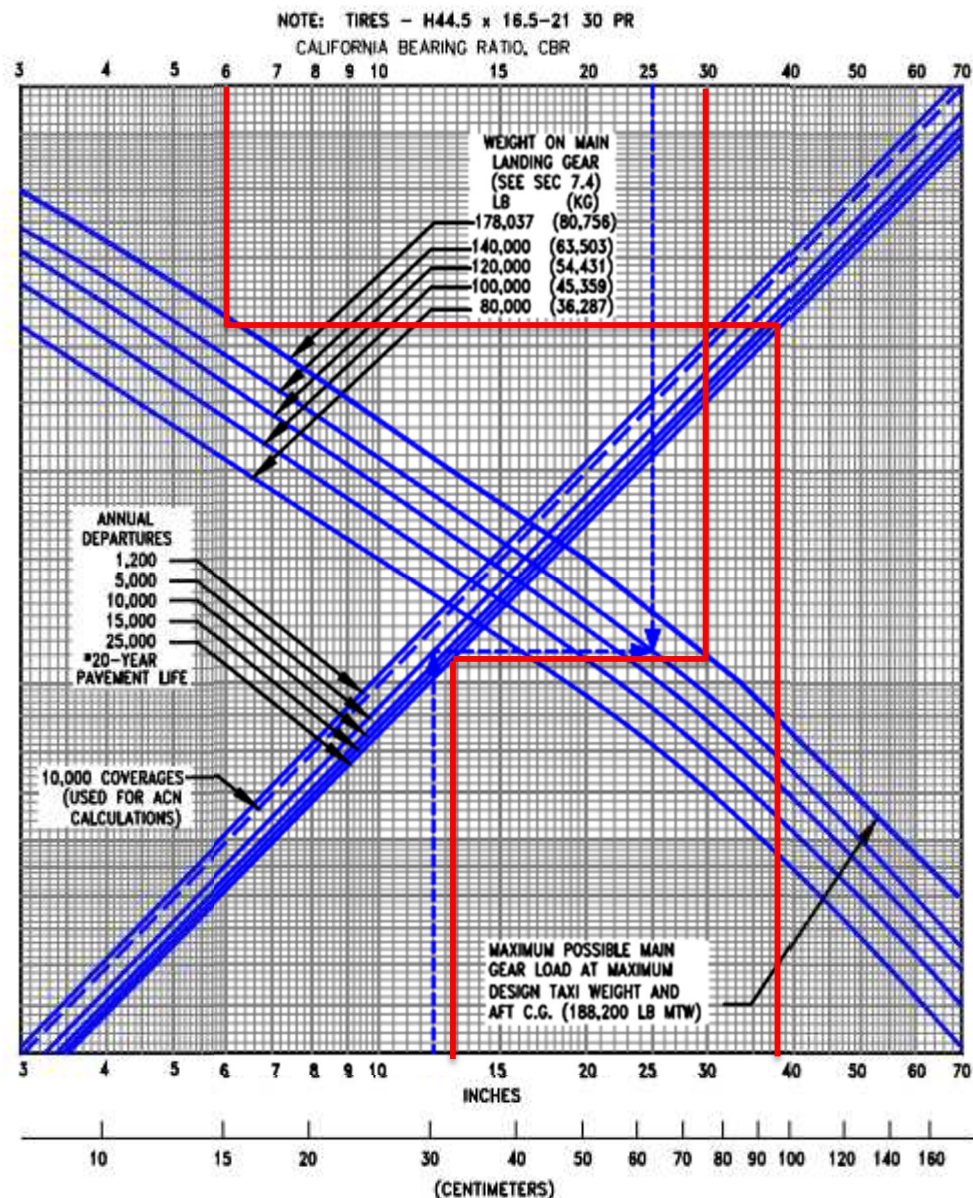
**Tabel 5.20** Koreksi Terhadap Tebal Lapisan Perkerasan Bagi Tingkat

Annual Departure > 25,000 Pergerakan Pesawat

| Tingkat Annual Departure | % 25,000 Tebal Departure |
|--------------------------|--------------------------|
| 50,000                   | 104                      |
| 100,000                  | 108                      |
| 150,000                  | 110                      |
| 200,000                  | 112                      |

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni .

Bandung. 1990)

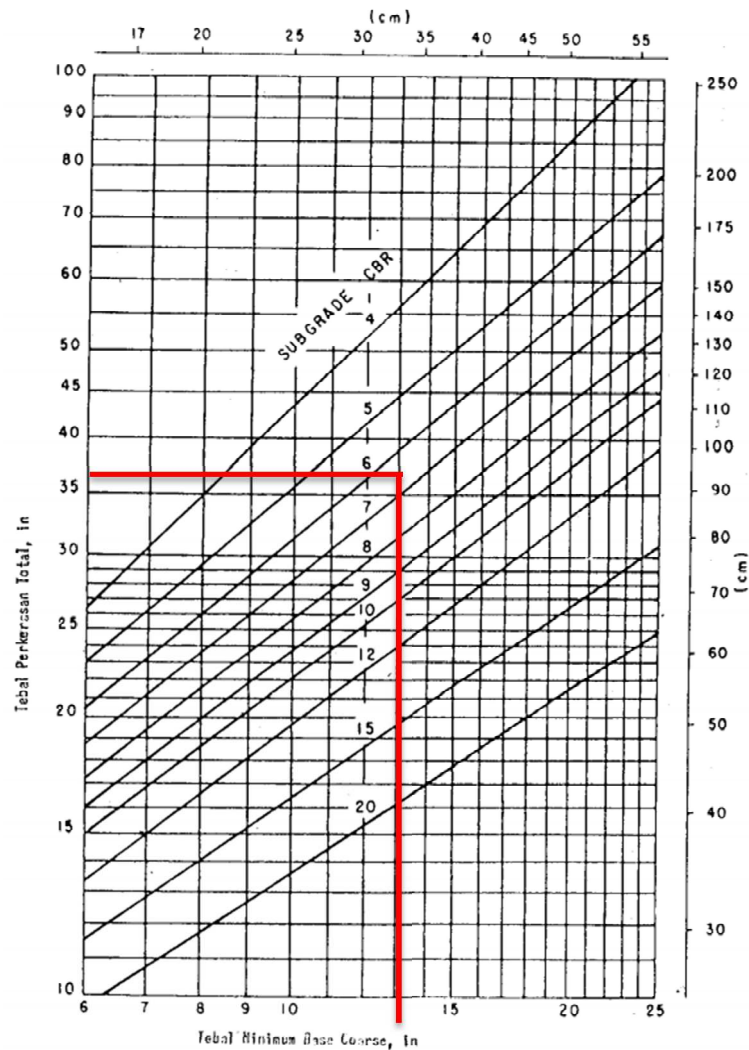


**Gambar 5.12** Kurva Untuk Menentukan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Jenis Pesawat Boeing 737-900 ER

(Sumber: Boeing Company *Airplane Characteristics For Airport Planning*)

Tebal susunan lapisan perkerasan berdasarkan CBR *Subgrade* 6 % pada gambar 5.12 didapatkan tebal total 38.5 in (97.79 cm). CBR *Subbase* 30 % dengan cara yang sama didapatkan tebal 12.5 in (31.75 cm), tebal *Surface* aspal atau permukaan aspal sebesar 4 in (10.16 cm). Maka tebal lapisan *Base Coarse* yaitu  $38.5 - 12.5 - 4 = 22$  in (56.188 cm).

Kemudian dilakukan Kontrol tebal *Base Coarse* dengan menggunakan Gambar 5.13 Grafik tebal minimum *Base Coarse* seperti dibawah ini :



**Gambar 5.13** Kurva Tebal Minimum *Base Coarse*

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

Dari Gambar 5.13 didapatkan tebal minimum *Base Coarse* yaitu sebesar 13 inci (33.02 cm ) < tebal rencana 22 in (56.188cm). Sehingga dipakai tebal rencana yang didapat sebesar 22 in (56.188 cm).

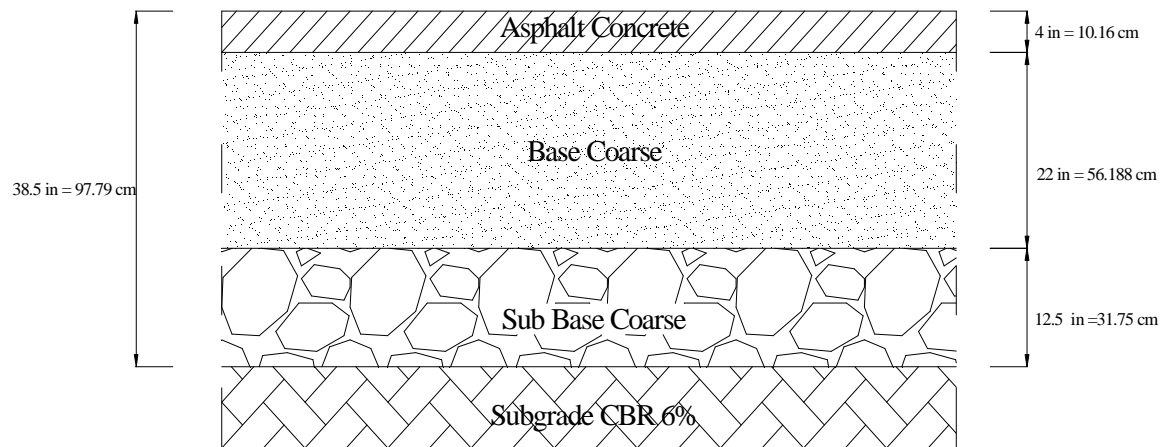
Diambil tebal pada lapisan untuk daerah kritis yaitu pada *Taxiway*, 300 meter dari ujung *Runway* (Heru Basuki, 1984 hal 294) tebalnya :

|                                   |           |                     |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|
| Surface Coarse (Asphalt Concrete) | = 4 in    | = 10.16 cm ~ 11 cm  |
| Base Coarse (Sand and Gravel)     | = 22 in   | = 56.188 cm ~ 57 cm |
| Subbase Coarse (Crushed Agregate) | = 12.5 in | = 31.75 cm ~ 32 cm  |
| Total                             | = 38.5 in | = 97.79 cm ~ 98 cm  |

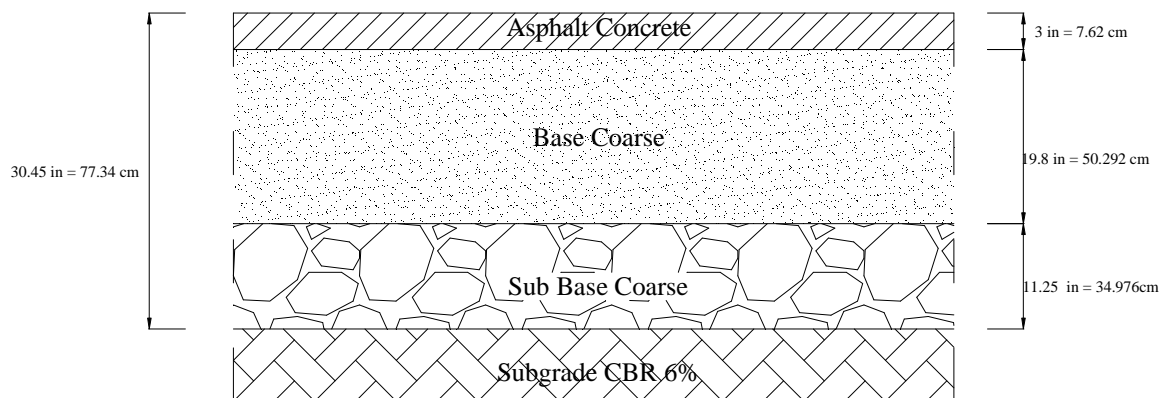
Sedangkan untuk daerah non kritis pada umumnya dihitung 0.9 kali ketebalan kritis sehingga didapat tebal :

|                                   |            |                     |
|-----------------------------------|------------|---------------------|
| Surface Coarse (Asphalt Concrete) | = 3 in     | = 7.62 cm ~ 8 cm    |
| Base Coarse (Sand and Gravel)     | = 19.8 in  | = 50.292 cm ~ 51 cm |
| Subbase Coarse (Crushed Agregate) | = 11.25 in | = 34.976 cm ~ 35 cm |
| Total                             | = 34.65 in | = 88.011 cm ~ 89 cm |





**Gambar 5.14** Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada daerah kritis Jangka Waktu Menengah 10 tahun (2025)



**Gambar 5.15** Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada daerah non kritis Jangka Waktu Menengah 10 tahun (2025)

### 5.2.2. Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Jangka Waktu 20 Tahun (2035)

**Tabel 5.21** Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jenis Roda | % Terhadap Jumlah Total Tahunan | Forecast Annual Departure | Tebal Lapisan (in) |
|----|----------------------|------------|------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW         | 4.72                            | 3954                      | 15.2               |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW         | 17.88                           | 14978                     | 15.2               |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW         | 1.62                            | 1357                      | 17.2               |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW         | 14.88                           | 12465                     | 18.2               |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW         | 4.98                            | 4172                      | 16.2               |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | DW         | 5.92                            | 4959                      | 17.5               |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | DW         | 12.11                           | 10145                     | 18.8               |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW         | 11.03                           | 9240                      | 35.6               |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW         | 16.41                           | 13747                     | 39.7               |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW         | 7.13                            | 5973                      | 25.2               |
| 11 | Cl30J Super Hercules | 175,000    | DT         | 3.30                            | 2764                      | 25.2               |

Catatan :

- MTOW : Maksimum TakeOff Weight
- SW : *Single Wheel*
- DW : *Dual Wheel*
- DT : *Dual Tandem*
- Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan Gambar 2.13 (bab II, hal 57), 2.14 (bab II, hal 58) dan 2.15 (bab II, hal 59) dengan nilai CBR 6% (lampiran).
- Forecast Annual Departure berdasarkan tabel 4.12 pada hal 104

Dari tabel 5.21 dipilih pesawat jenis Boeing 737-900 ER karena membutuhkan tebal lapisan paling besar. Dengan cara atau tahapan yang sama dengan perhitungan perkerasan lentur metoe FAA jangka waktu menengah didapatkan nilai  $W_2$ ,  $R_2$ , EAD pada Tabel 5.22, Tabel 5.23, Tabel 5.24 berikut ini :

**Tabel 5.22** Perhitungan  $W_2$  Pesawat yang dilayani

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jumlah Roda | $W_2$ (lbs) |
|----|----------------------|------------|-------------|-------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | 1           | 3,420.00    |
| 2  | C-208                | 8,807      | 2           | 4,183.33    |
| 3  | PC-12                | 10,450     | 2           | 4,963.75    |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | 2           | 2,303.75    |
| 5  | N 219                | 16,000     | 2           | 7,600.00    |
| 6  | ATR 42-600           | 41,005     | 4           | 9,738.69    |
| 7  | ATR 72-600           | 50,705     | 4           | 12,042.44   |
| 8  | B737-800             | 174,400    | 4           | 41,420.00   |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | 4           | 44,578.75   |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | 4           | 21,802.50   |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | 8           | 20,781.25   |
|    |                      |            | $\Sigma$    | 172,834.45  |

**Tabel 5.23** Perhitungan  $R_2$  hasil konversi roda pendaratan pesawat

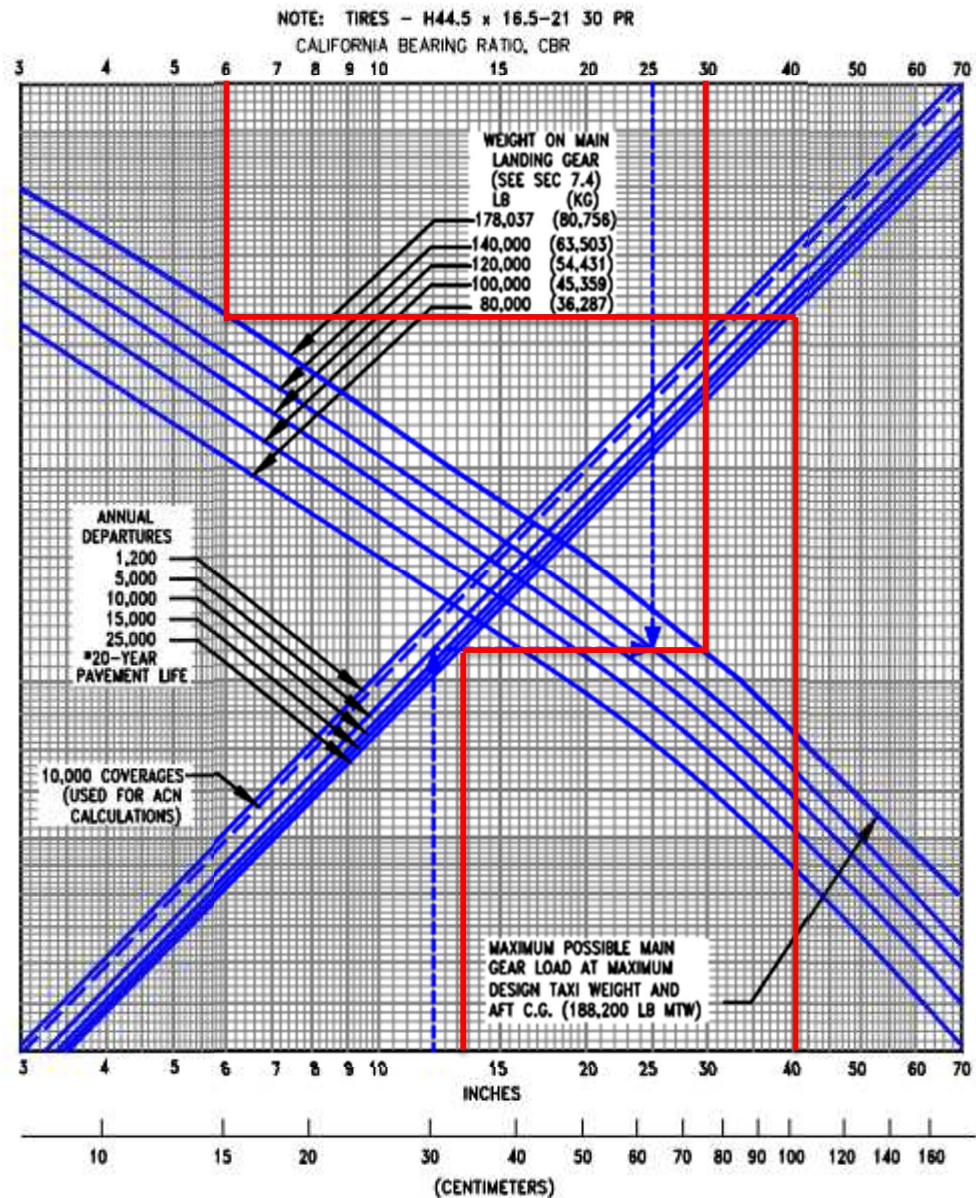
| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Konfigurasi Roda | Forecast Departure | Faktor Pengali | $R_2$    |
|----|----------------------|------------|------------------|--------------------|----------------|----------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW               | 3954               | 0.8            | 3163.22  |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW               | 14978              | 0.8            | 11982.69 |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW               | 1357               | 0.8            | 1085.68  |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW               | 12465              | 0.8            | 9972.17  |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW               | 4172               | 0.8            | 3337.46  |
| 6  | ATR 42-600           | 41,005     | DW               | 4959               | 1.0            | 4959.28  |
| 7  | ATR 72-600           | 50,705     | DW               | 10145              | 1.0            | 10144.74 |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW               | 9240               | 1.0            | 9240.01  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW               | 13747              | 1.0            | 13746.92 |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW               | 5973               | 1.0            | 5972.91  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT               | 2764               | 1.7            | 4699.59  |

**Tabel 5.24** Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat rencana

| No | Jenis Pesawat        | R <sub>2</sub> | Log R <sub>2</sub> | ESWL (W <sub>2</sub> ) | ESWL Pesawat Rencana (W <sub>1</sub> ) | Log R <sub>1</sub> | R <sub>1</sub> |
|----|----------------------|----------------|--------------------|------------------------|--|--------------------|----------------|
| 1  | C-206                | 3163.22        | 3.50               | 3,420.00               | 44,578.75                              | 0.97               | 9.321          |
| 2  | C-208                | 11982.69       | 4.08               | 4,183.33               | 44,578.75                              | 1.25               | 17.758         |
| 3  | PC-12                | 1085.68        | 3.04               | 4,963.75               | 44,578.75                              | 1.01               | 10.303         |
| 4  | PC-6                 | 9972.17        | 4.00               | 2,303.75               | 44,578.75                              | 0.91               | 8.110          |
| 5  | N 219                | 3337.46        | 3.52               | 7,600.00               | 44,578.75                              | 1.45               | 28.498         |
| 6  | ATR 42-600           | 4959.28        | 3.70               | 9,738.69               | 44,578.75                              | 1.73               | 53.362         |
| 7  | ATR 72-600           | 10144.74       | 4.01               | 12,042.44              | 44,578.75                              | 2.08               | 120.848        |
| 8  | B737-800             | 9240.01        | 3.97               | 41,420.00              | 44,578.75                              | 3.82               | 6646.482       |
| 9  | B737-900 ER          | 13746.92       | 4.14               | 44,578.75              | 44,578.75                              | 4.14               | 13746.918      |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 5972.91        | 3.78               | 21,802.50              | 44,578.75                              | 2.64               | 437.364        |
| 11 | C130J Super Hercules | 4699.59        | 3.67               | 20,781.25              | 44,578.75                              | 2.51               | 321.483        |
|    |                      |                |                    |                        |  | Total              | 21400.45       |

Karena  $\Sigma R_1 = 21,400.45 < 25,000$  maka tidak perlu dilakukan koreksi

terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.20

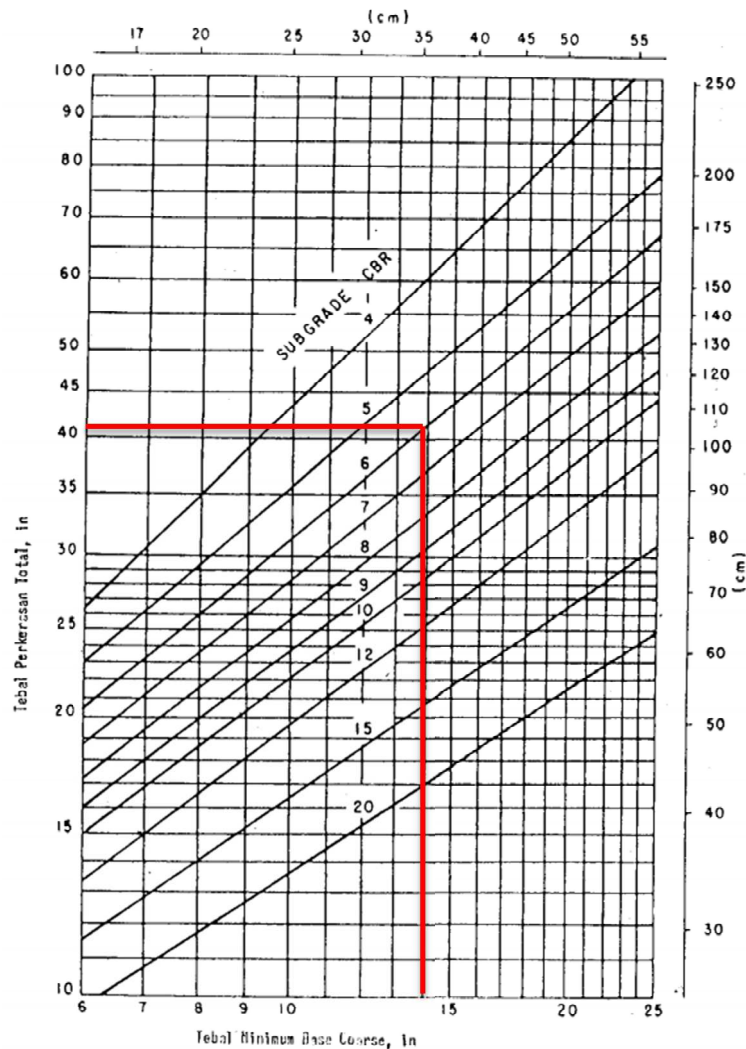


**Gambar 5.16** Kurva Untuk Menentukan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Jenis Pesawat Boeing 737-900 ER

(Sumber: Boeing Company *Airplane Characteristics For Airport Planning*)

Tebal susunan lapisan perkerasan berdasarkan CBR *Subgrade* 6 % pada gambar 5.16 didapatkan tebal total 40.5 in (102.87 cm). CBR *Subbase* 30 % dengan cara yang sama didapatkan tebal 13.7 in (34.798 cm), tebal *Surface* aspal atau permukaan aspal sebesar 4 in (10.16 cm). Maka tebal lapisan *Base Coarse* yaitu  $40.5 - 13.7 - 4 = 22.8$  in (57.912 cm).

Kemudian dilakukan Kontrol tebal *Base Coarse* dengan menggunakan Gambar 5.17 Grafik tebal minimum *Base Coarse* seperti dibawah ini :



**Gambar 5.17** Kurva Tebal Minimum *Base Coarse*

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

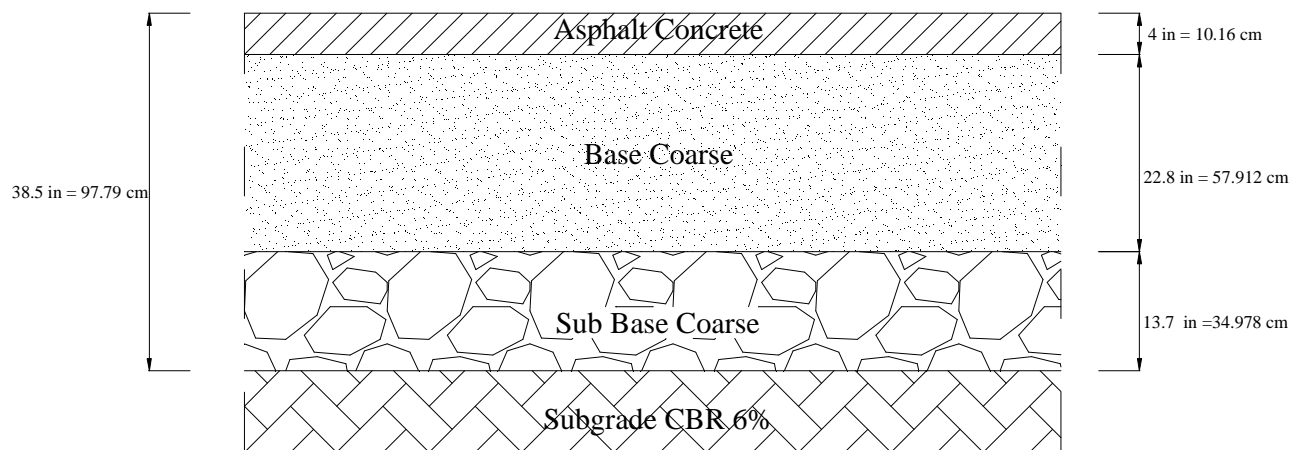
Dari Gambar 5.17 didapatkan tebal minimum *Base Coarse* yaitu sebesar 14 inci (35.56 cm ) < tebal rencana 22.8 in (57.912 cm). Sehingga dipakai tebal rencana yang didapat sebesar 22.8 in (57.912 cm).

Diambil tebal pada lapisan untuk daerah kritis yaitu pada *Taxiway*, 300 meter dari ujung *Runway* (Heru Basuki, 1984 hal 294) tebalnya :

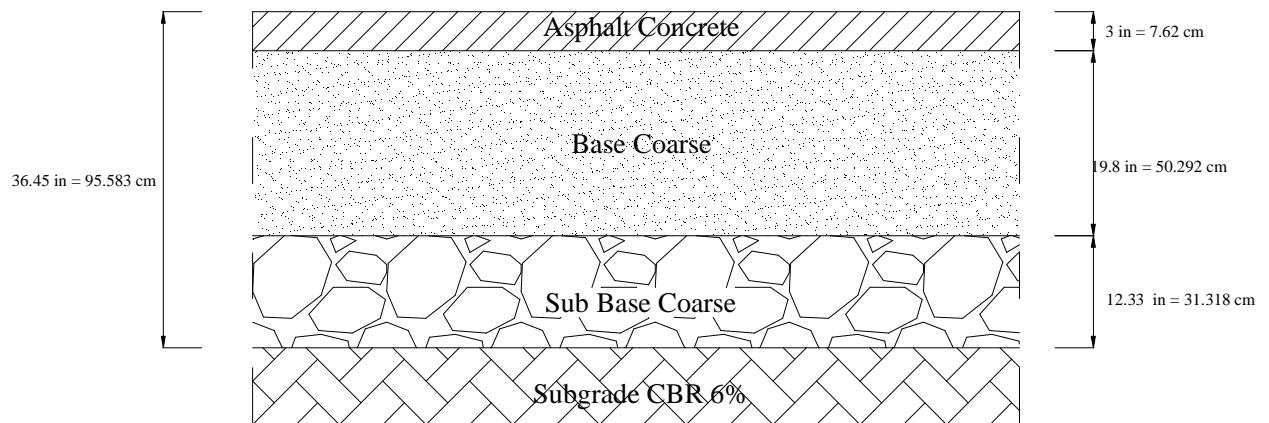
|                                   |           |                      |
|-----------------------------------|-----------|----------------------|
| Surface Coarse (Asphalt Concrete) | = 4 in    | = 10.16 cm ~ 11 cm   |
| Base Coarse (Sand and Gravel)     | = 22.8 in | = 57.912 cm ~ 58 cm  |
| Subbase Coarse (Crushed Agregate) | = 13.7 in | = 34.798 cm ~ 35 cm  |
| Total                             | = 40.5 in | = 102.87 cm ~ 103 cm |

Sedangkan untuk daerah non kritis pada umumnya dihitung 0.9 kali ketebalan kritis sehingga didapat tebal :

|                                   |            |                     |
|-----------------------------------|------------|---------------------|
| Surface Coarse (Asphalt Concrete) | = 3 in     | = 7.62 cm ~ 8 cm    |
| Base Coarse (Sand and Gravel)     | = 19.8 in  | = 50.292 cm ~ 51 cm |
| Subbase Coarse (Crushed Agregate) | = 12.33 in | = 31.318 cm ~ 32 cm |
| Total                             | = 36.45 in | = 92.583 cm ~ 93 cm |



**Gambar 5.18** Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada daerah kritis Jangka Panjang 20 tahun (2035)



**Gambar 5.19** Susunan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode FAA pada daerah non kritis Jangka Panjang 20 Tahun (2035)



### 5.2.2. Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari lapisan *surface* berupa slab beton, *subbase*, dan *base coarse*. Seperti perkerasan lentur (*flexible pavement*) tujuan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah untuk menghasilkan permukaan yang rata, mencegah infiltrasi air dan memberikan kekuatan tanah pada saat menerima beban pesawat. Sedangkan pada bagian *subbase* memberikan kekuatan struktur bagi slab beton. Tebal minimum lapisan *subbase* adalah 4 inchi.

Sebelum memulai perhitungan terlebih dahulu menentukan jenis pesawat rencana. Untuk menentukan pesawat rencana dicari jenis pesawat yang paling sering melakukan aktifitas (*landing* dan *takeoff*) di Bandara Wamena.

Pada lalu lintas pesawat, struktur perkerasan harus mampu melayani berbagai jenis pesawat, yang mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda-beda dan bervariasi beratnya. Pengaruh dari beban yang diakibatkan oleh semua jenis model lalu-lintas itu harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat-pesawat campuran tadi, sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan ini berguna untuk mengetahui total keberangkatan keseluruhan dari bermacam pesawat yang telah dikonversikan kedalam pesawat rencana. Pesawat rencana merupakan pesawat yang bebannya menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar, pesawat rencana tidak selalu yang terberat.

Perencanaan perkerasan kaku ditentukan hitung terlebih dahulu nilai *Modulus Subgrade Reaction* atau nilai K. Nilai K tersebut didapatkan dari

hasil perbandingan beban dengan penurunan pada test *bearing plate*. Pada perencanaan perkerasan kaku pada apron di Bandar Udara Wamena hanya memiliki nilai *CBR Subgrade* sebesar 6 % sehingga diperlukan konversi ke nilai K. Konversi CBR ke nilai K berdasarkan tabel 2.27 (pada Bab II hal. 55) didapatkan klasifikasi Subgrade pada Bandar Udara Wamena yaitu F7. Dari klasifikasi subgrade tersebut berdasarkan tabel 2.26 (pada Bab II hal. 54) didapatkan bahwa subgrade pada klasifikasi F7 termasuk dalam kelompok tanah E-9 yaitu kelompok tanah yang terdiri dari campuran lumpur dan tanah liat, sangat elastis dan sangat sulit dipadatkan. Stabilitasnya rendah, baik keadaan basah atau kering. Dari hasil konversi tersebut dapat direncanakan nilai K Subgrade sebesar 200 pci berdasarkan kelompok tanah.

#### 5.2.2.1 Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Jangka Waktu 10 Tahun (2025)

**Tabel 5.25** Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jenis Roda | % Terhadap Jumlah Total Tahunan | Forecast Annual Departure | Tebal Slab Beton (in) |
|----|----------------------|------------|------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW         | 4.72                            | 2925                      | 6.6                   |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW         | 17.88                           | 11080                     | 7.1                   |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW         | 1.62                            | 1004                      | 6.0                   |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW         | 14.88                           | 9221                      | 7.1                   |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW         | 4.98                            | 3086                      | 6.7                   |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | DW         | 5.92                            | 3669                      | 7.1                   |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | DW         | 12.11                           | 7504                      | 7.7                   |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW         | 11.03                           | 6835                      | 14.5                  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW         | 16.41                           | 10169                     | 15.0                  |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW         | 7.13                            | 4418                      | 13.2                  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT         | 3.30                            | 2045                      | 9.8                   |

Catatan :

- a) MTOW : Maksimum TakeOff Weight
- b) SW : *Single Wheel*
- c) DW : *Dual Wheel*
- d) DT : *Dual Tandem*
- e) Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan Gambar 2.18 (bab II, hal 70), 2.19 (bab II, hal 70) dan 2.20 (bab II, hal 71) dengan nilai CBR 6% (lampiran).
- f) Forecast Departure berdasarkan tabel 4.12 pada hal 103.

Dari tabel 5.25 dipilih pesawat jenis Boeing 737-900 ER karena membutuhkan tebal lapisan paling besar. Dengan cara atau tahapan yang sama dengan perhitungan perkerasan lentur metoe FAA didapatkan nilai  $W_2$ ,  $R_2$ , EAD pada Tabel 5.26, Tabel 5.27, Tabel 5.28 berikut ini :

**Tabel 5.26** Perhitungan  $W_2$  Pesawat yang dilayani

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jumlah Roda | $W_2$ (lbs) |
|----|----------------------|------------|-------------|-------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | 1           | 3,420.00    |
| 2  | C-208                | 8,807      | 2           | 4,183.33    |
| 3  | PC-12                | 10,450     | 2           | 4,963.75    |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | 2           | 2,303.75    |
| 5  | N 219                | 16,000     | 2           | 7,600.00    |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | 4           | 8,744.04    |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | 4           | 11,257.26   |
| 8  | B737-800             | 174,400    | 4           | 41,420.00   |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | 4           | 44,578.75   |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | 4           | 21,802.50   |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | 8           | 20,781.25   |
|    |                      |            | $\Sigma$    | 171,054.63  |

**Tabel 5.27** Perhitungan  $R_2$  hasil konversi roda pendaratan pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Konfigurasi Roda | Forecast Departure | Faktor Pengali | $R_2$    |
|----|----------------------|------------|------------------|--------------------|----------------|----------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW               | 2925               | 0.8            | 2339.95  |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW               | 11080              | 0.8            | 8864.04  |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW               | 1004               | 0.8            | 803.12   |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW               | 9221               | 0.8            | 7376.78  |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW               | 3086               | 0.8            | 2468.84  |
| 6  | ATR 42-200           | 36,817     | DW               | 3669               | 1.0            | 3668.56  |
| 7  | ATR 72-200           | 47,399     | DW               | 7504               | 1.0            | 7504.44  |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW               | 6835               | 1.0            | 6835.18  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW               | 10169              | 1.0            | 10169.11 |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW               | 4418               | 1.0            | 4418.39  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT               | 2045               | 1.7            | 3476.46  |

**Tabel 5.28** Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat rencana

| No | Jenis Pesawat        | $R_2$    | Log $R_2$ | ESWL ( $W_2$ ) | ESWL Pesawat Rencana ( $W_1$ ) | Log $R_1$ | $R_1$     |
|----|----------------------|----------|-----------|----------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 1  | C-206                | 2339.95  | 3.37      | 3,420.00       | 44,578.75                      | 0.93      | 8.574     |
| 2  | C-208                | 8864.04  | 3.95      | 4,183.33       | 44,578.75                      | 1.21      | 16.192    |
| 3  | PC-12                | 803.12   | 2.90      | 4,963.75       | 44,578.75                      | 0.97      | 9.317     |
| 4  | PC-6                 | 7376.78  | 3.87      | 2,303.75       | 44,578.75                      | 0.88      | 7.573     |
| 5  | N 219                | 2468.84  | 3.39      | 7,600.00       | 44,578.75                      | 1.40      | 25.163    |
| 6  | ATR 42-200           | 3668.56  | 3.56      | 8,744.04       | 44,578.75                      | 1.58      | 37.902    |
| 7  | ATR 72-200           | 7504.44  | 3.88      | 11,257.26      | 44,578.75                      | 1.95      | 88.597    |
| 8  | B737-800             | 6835.18  | 3.83      | 41,420.00      | 44,578.75                      | 3.70      | 4970.418  |
| 9  | B737-900 ER          | 10169.11 | 4.01      | 44,578.75      | 44,578.75                      | 4.01      | 10169.105 |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 4418.39  | 3.65      | 21,802.50      | 44,578.75                      | 2.55      | 354.229   |
| 11 | C130J Super Hercules | 3476.46  | 3.54      | 20,781.25      | 44,578.75                      | 2.42      | 261.678   |
|    |                      |          |           |                |                                | Total     | 15948.75  |

Karena  $\Sigma R_1 = 15948.75 < 25,000$  maka tidak perlu dilakukan koreksi

terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.20.

Perkerasan apron menggunakan data pesawat rencana yaitu B737-900 ER.

Beban *take off* maksimum (MTOW) = 187,700 lb

Beban *nose gear*, yaitu 5 % dari beban *take off* maksimum

Beban *nose gear* =  $0.05 \times 187,700 = 9385$  lb

Beban *main gear*, yaitu 95 % dari beban *take off* maksimum

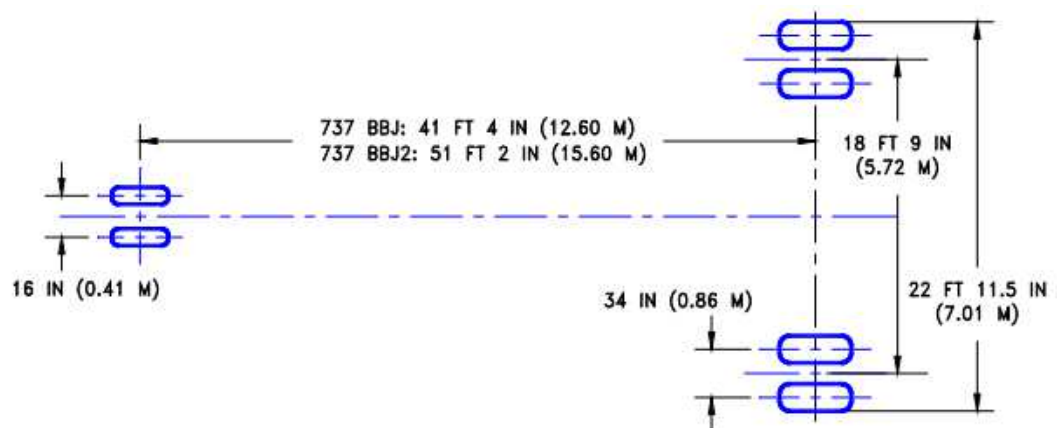
Beban *main gear* =  $0.95 \times 187,700 = 178,135$  lb

Beban satu *main gear*, didapat dari beban yang diterima *main gear* dibagi dengan jumlah *main gear* pesawat. Terdapat 4 *main gear* pada pesawat B737. Gambar 5.20 adalah konfigurasi roda B737 dan Gambar 5.21 adalah pembagian beban yang diterima oleh pesawat B737.

$$\text{Beban satu } \textit{main gear} = \frac{178,135}{4} = 44533.75 \text{ lb}$$

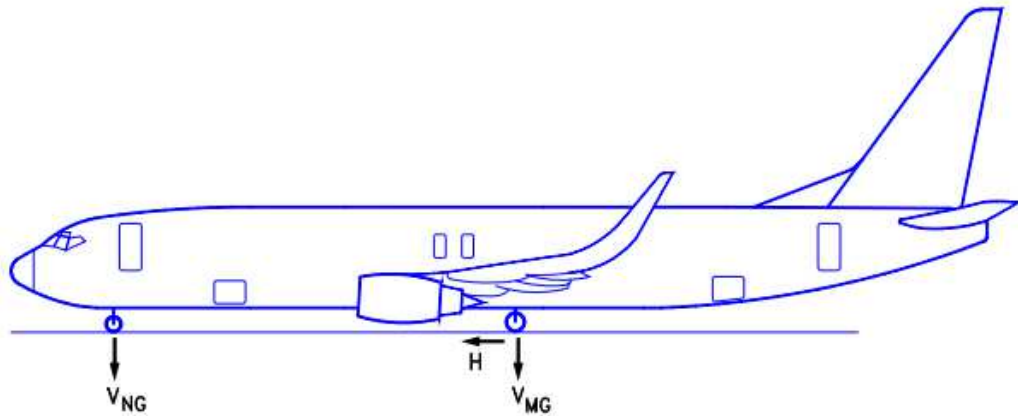
Tekanan roda pada *main gear* = 204 psi

$$\text{Kontak area (A)} = \frac{44533.75}{204} = 218.3 \text{ in}^2$$



**Gambar 5.20** Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-900ER

(Sumber: Boeing Company *Airplane Characteristics For Airport Planning*)



**Gambar 5.21** Pembagian Roda Pesawat Boeing 737-900

(Sumber: Boeing Company *Airplane Characteristics For Airport Planning*)

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan besar nilai *Equivalent Annual Departure* ( $R_1$ ) yaitu 15608.43 dengan pesawat rencana Boeing 737-900 ER. Maka karakteristik pesawat Boeing 737-900 digunakan sebagai dasar perhitungan tebal perkerasan.

Pesawat Boeing 737-900 memiliki berat pesawat 187,700 lb, sehingga harus menggunakan *subbase* yang terstabilisasi dengan jenis campuran yang dapat digunakan adalah :

- a. Item P-304 : *cement treated base coarse*
- b. Item P-306 : *econonocreated subbase course*
- c. Item P-401 : *Plant mix bituminous pavements*

(Sumber : *Advisory Circular AC 150/5320-6e, Airport Pavements Design and Evaluation*)

Pada perencanaan ini digunakan jenis campuran Item P-304. Data perencanaan *rigid pavement* adalah sebagai berikut :

MTOW Boeing 737-300 = 187,700 lb

Subgrade K (rencana) = 200 pci

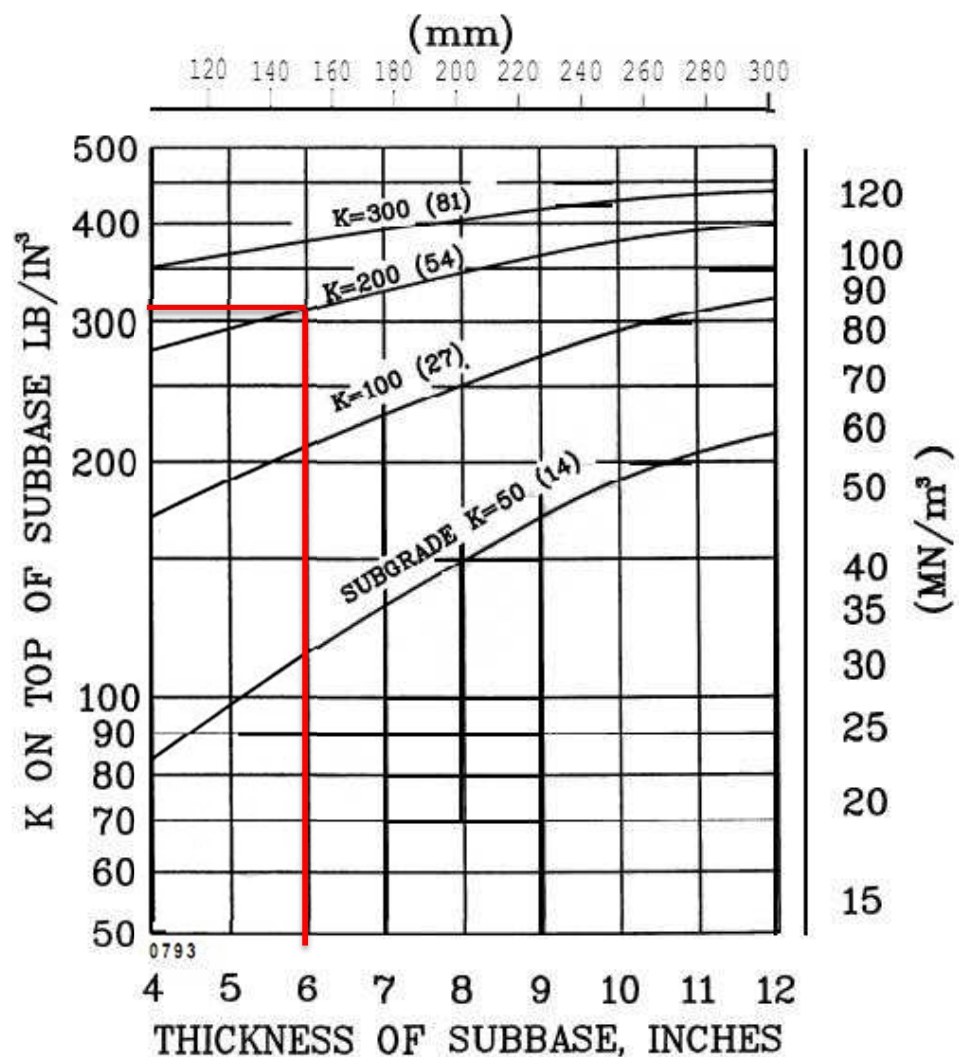
Concrete Flexural Strength = 600 psi

Tebal subbase (rencana) = 6 inchi (minimal 4 inchi)

Langkah pengerjaan :

1) Mendapatkan nilai K On Top of Subbase (lb/in)<sup>3</sup>

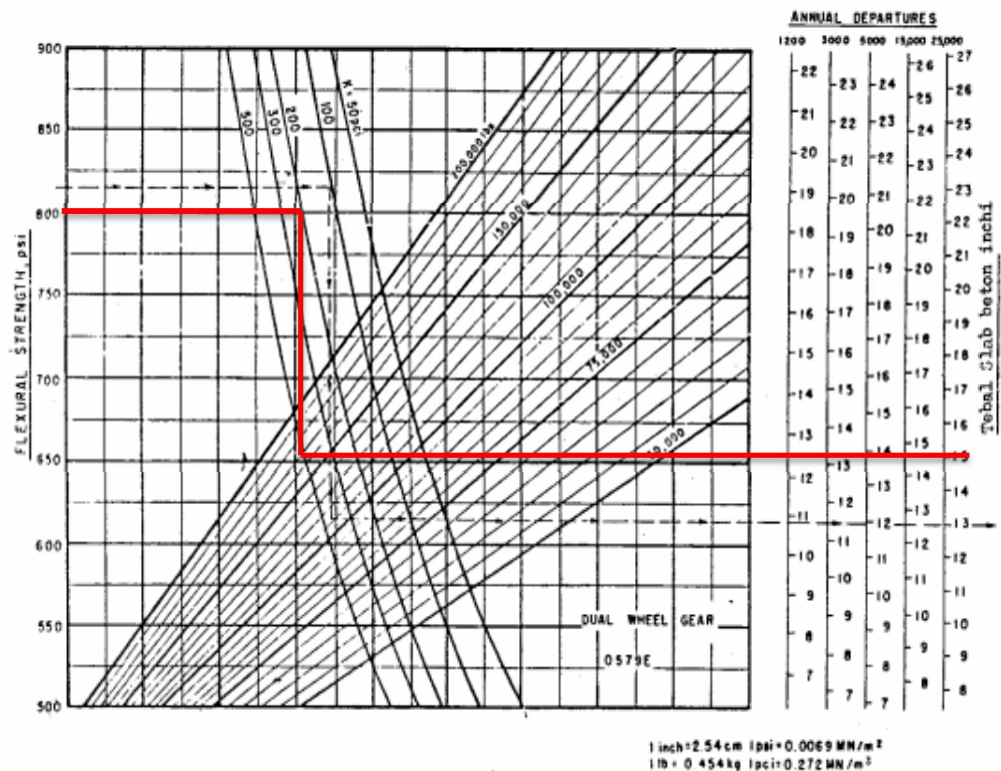
Memplotkan besar tebal lapisan subbase rencana (6 inchi) pada Gambar 5.22 , ditarik garis vertical ke atas hingga bertemu dengan nilai K=200. Titik pertemuannya ditarik garis horizontal ke kiri sehingga mendapatkan nilai K on Top Of Subbase sebesar 310 lb/in<sup>3</sup>.



Gambar 5.22 K On Top of Subbase

## 2) Mencari Tebal Slab Beton

Dengan Gambar 5.23 diplotkan *Concrete Flexural Strength* sebesar 800 psi dan ditarik garis horizontal ke kanan bertemu dengan nilai  $K=200$ . Dari titik pertemuan tersebut ditarik garis vertikal ke atas hingga bersentuhan dengan garis *gross weight* (187,700 lb). Titik pertemuannya di Tarik garis Horizontal ke kanan untuk mengetahui tebal slab beton berdasarkan annual departures. Nilai *annual departures* yang digunakan adalah 15948.75 pergerakan maka, maka digunakan tebal slab beton dengan asumsi *annual departure* 25000 pergerakan, sehingga tebal slab beton adalah 15.0 inchi = 38.1 cm.



**Gambar 5.23** Kurva Tebal Slab Beton Dual Wheel Boeing 737-900ER

(Sumber: Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang,

Alumni . Bandung. 1990)



Setelah mendapatkan tebal slab beton, dilakukan perhitungan penulangan perkerasan sebagai berikut :

Direncanakan :

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Panjang Slab Beton (L)          | = 5 meter = 16,40 ft                                 |
| Jarak <i>construction joint</i> | = 5 meter  |
| Tebal slab beton (t)            | = 15.0 inchi = 38.1 cm                               |
| Tegangan Tarik ijin (fs)        | = 3200 kg/cm <sup>2</sup> = 45515 lb/in <sup>2</sup> |
| Tekanan ban                     | = 204 psi.   |

#### 5.2.2.2 Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Jangka Waktu 20 Tahun (2025)

**Tabel 5.29** Perhitungan Forecast Annual Departure dan Tebal Lapisan

Perkerasan Kaku yang dibutuhkan untuk masing-masing Jenis Pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jenis Roda | % Terhadap Jumlah Total Tahunan | Forecast Annual Departure | Tebal Slab Beton (in) |
|----|----------------------|------------|------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW         | 4.72                            | 3954                      | 6.8                   |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW         | 17.88                           | 14978                     | 7.1                   |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW         | 1.62                            | 1357                      | 6.7                   |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW         | 14.88                           | 12465                     | 7.1                   |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW         | 4.98                            | 4172                      | 7.8                   |
| 6  | ATR 42-600           | 41,005     | DW         | 5.92                            | 4959                      | 7.1                   |
| 7  | ATR 72-600           | 50,705     | DW         | 12.11                           | 10145                     | 7.8                   |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW         | 11.03                           | 9240                      | 14.5                  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW         | 16.41                           | 13747                     | 15.0                  |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW         | 7.13                            | 5973                      | 10.5                  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT         | 3.30                            | 2764                      | 9.8                   |

Dimana :

- a) MTOW : Maksimum TakeOff Weight
- b) SW : *Single Wheel*
- c) DW : *Dual Wheel*

d) DT : *Dual Tandem*

e) Untuk Tebal Lapisan Perkerasan yang dibutuhkan berdasarkan

Gambar 2.18 (bab II, hal 70), 2.19 (bab II, hal 70) dan 2.20 (bab II, hal 71) dengan nilai CBR 6% (lampiran).

f) Forecast Annual Departure berdasarkan tabel 4.12 pada hal 104.

Dari tabel 5.29 dipilih pesawat jenis Boeing 737-900 ER karena membutuhkan tebal lapisan paling besar. Dengan cara atau tahapan yang sama dengan perhitungan perkerasan kaku metode FAA jangka waktu menengah didapatkan nilai  $W_2$ ,  $R_2$ , EAD pada Tabel 5.30, Tabel 5.31, Tabel 5.32 berikut ini

**Tabel 5.30** Perhitungan  $W_2$  Pesawat yang dilayani

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Jumlah Roda | $W_2$ (lbs) |
|----|----------------------|------------|-------------|-------------|
| 1  | C-206                | 3,600      | 1           | 3,420.00    |
| 2  | C-208                | 8,807      | 2           | 4,183.33    |
| 3  | PC-12                | 10,450     | 2           | 4,963.75    |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | 2           | 2,303.75    |
| 5  | N 219                | 16,000     | 2           | 7,600.00    |
| 6  | ATR 42-600           | 41,005     | 4           | 9,738.69    |
| 7  | ATR 72-600           | 50,705     | 4           | 12,042.44   |
| 8  | B737-800             | 174,400    | 4           | 41,420.00   |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | 4           | 44,578.75   |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | 4           | 21,802.50   |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | 8           | 20,781.25   |
|    |                      |            | $\Sigma$    | 172,834.45  |

**Tabel 5.31** Perhitungan  $R_2$  hasil konversi roda pendaratan pesawat

| No | Jenis Pesawat        | MTOW (lbs) | Konfigurasi Roda | Forecast Departure | Faktor Pengali | $R_2$    |
|----|----------------------|------------|------------------|--------------------|----------------|----------|
| 1  | C-206                | 3,600      | SW               | 3954               | 0.8            | 3163.22  |
| 2  | C-208                | 8,807      | SW               | 14978              | 0.8            | 11982.69 |
| 3  | PC-12                | 10,450     | SW               | 1357               | 0.8            | 1085.68  |
| 4  | PC-6                 | 4,850      | SW               | 12465              | 0.8            | 9972.17  |
| 5  | N 219                | 16,000     | SW               | 4172               | 0.8            | 3337.46  |
| 6  | ATR 42-600           | 41,005     | DW               | 4959               | 1.0            | 4959.28  |
| 7  | ATR 72-600           | 50,705     | DW               | 10145              | 1.0            | 10144.74 |
| 8  | B737-800             | 174,400    | DW               | 9240               | 1.0            | 9240.01  |
| 9  | B737-900 ER          | 187,700    | DW               | 13747              | 1.0            | 13746.92 |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 91,800     | DW               | 5973               | 1.0            | 5972.91  |
| 11 | C130J Super Hercules | 175,000    | DT               | 2764               | 1.7            | 4699.59  |

**Tabel 5.32** Perhitungan *Equivalent Annual Departure* dari pesawat

rencana

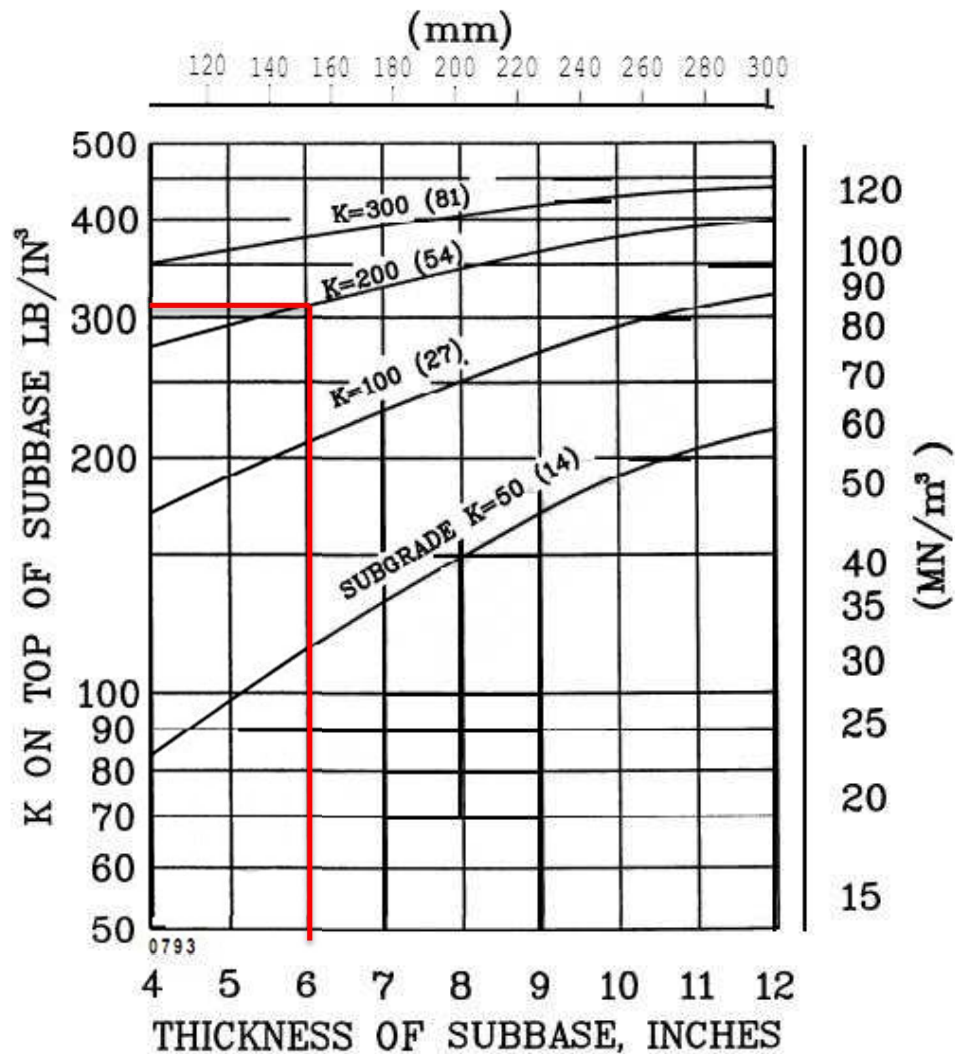
| No | Jenis Pesawat        | $R_2$    | Log $R_2$ | ESWL ( $W_2$ ) | ESWL Pesawat Rencana ( $W_1$ ) | Log $R_1$ | $R_1$     |
|----|----------------------|----------|-----------|----------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 1  | C-206                | 3163.22  | 3.50      | 3,420.00       | 44,578.75                      | 0.97      | 9.321     |
| 2  | C-208                | 11982.69 | 4.08      | 4,183.33       | 44,578.75                      | 1.25      | 17.758    |
| 3  | PC-12                | 1085.68  | 3.04      | 4,963.75       | 44,578.75                      | 1.01      | 10.303    |
| 4  | PC-6                 | 9972.17  | 4.00      | 2,303.75       | 44,578.75                      | 0.91      | 8.110     |
| 5  | N 219                | 3337.46  | 3.52      | 7,600.00       | 44,578.75                      | 1.45      | 28.498    |
| 6  | ATR 42-600           | 4959.28  | 3.70      | 9,738.69       | 44,578.75                      | 1.73      | 53.362    |
| 7  | ATR 72-600           | 10144.74 | 4.01      | 12,042.44      | 44,578.75                      | 2.08      | 120.848   |
| 8  | B737-800             | 9240.01  | 3.97      | 41,420.00      | 44,578.75                      | 3.82      | 6646.482  |
| 9  | B737-900 ER          | 13746.92 | 4.14      | 44,578.75      | 44,578.75                      | 4.14      | 13746.918 |
| 10 | Bombardier CRJ1000   | 5972.91  | 3.78      | 21,802.50      | 44,578.75                      | 2.64      | 437.364   |
| 11 | C130J Super Hercules | 4699.59  | 3.67      | 20,781.25      | 44,578.75                      | 2.51      | 321.483   |
|    |                      |          |           |                |                                | Total     | 21400.45  |

Karena  $\Sigma R_1 = 21400.45 < 25,000$  maka tidak perlu dilakukan koreksi terhadap ketebalan lapis perkerasan berdasarkan tabel 5.20. Dengan tahapan yang sama dengan perhitungan perkerasan kaku sebelumnya maka langsung dihitung :

1) Mendapatkan nilai K On Top of Subbase (lb/in)<sup>3</sup>

Memplotkan besar tebal lapisan *subbase* rencana (6 inchi) pada Gambar 5.24 , ditarik garis vertical ke atas hingga bertemu dengan nilai K=200. Titik

pertemuannya ditarik garis horizontal ke kiri sehingga mendapatkan nilai K on Top Of Subbase sebesar 310 lb/in<sup>3</sup>.



**Gambar 5.24** K On Top of Subbase

## 2) Mencari Tebal Slab Beton

Dengan Gambar 5.25 diplotkan *Concrete Flexural Strength* sebesar 600 psi dan ditarik garis horizontal ke kanan bertemu dengan nilai  $K=200$ . Dari titik pertemuan tersebut ditarik garis vertikal ke atas hingga bersentuhan dengan garis *gross weight* (187,700 lb). Titik pertemuannya di Tarik garis Horizontal ke kanan untuk mengetahui tebal slab beton berdasarkan annual departures. Nilai *annual departures* yang digunakan

[illegible]

(**Sumber:** Ir. Heru Basuki. Merancang. Merencana Lapangan Terbang, Alumni . Bandung. 1990)

Direncanakan :

Tekanan ban = 204 psi.

**Tabel 5.33** Jarak *Construction Joint* Longitudinal dan Transversal

| Tebal Slab |         | Joint Spacing (maximum) |     |
|------------|---------|-------------------------|-----|
| In         | mm      | ft                      | m   |
| 8.0-10     | 203-254 | 12.5                    | 3.8 |
| 10.5-13    | 267-330 | 15                      | 4.6 |
| 13.5-16    | 343-406 | 17.5                    | 5.3 |
| >16        | >406    | 20                      | 6.1 |

### 5.2.2.3 Penulangan

#### a. Tulangan Pokok Slab Beton

##### 1) Perkerasan Kaku Jangka Menengah (2025)

Luas penampang lintang untuk tiap satuan panjang/lebar menggunakan persamaan :

$$A_s = \frac{0,64 \times L \times \sqrt{Lxt}}{f_s}$$

$$A_s = \frac{0,64 \times 500 \times \sqrt{500 \times 39}}{3200}$$

$$= 13.964 \text{ cm}^2/\text{m}' = 1396.42 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

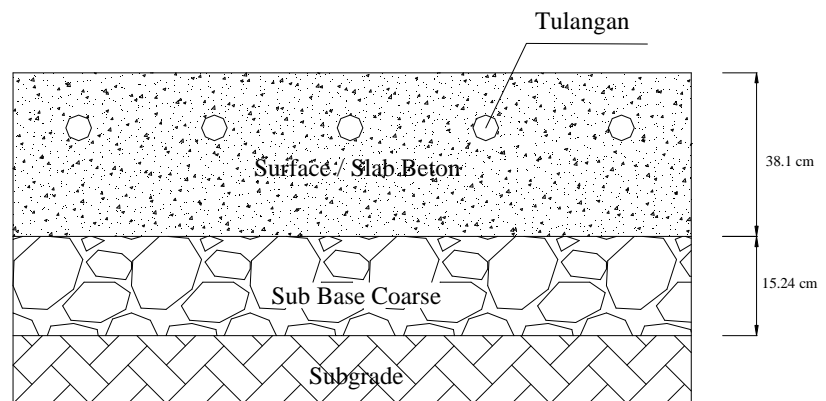
$$A_{s_{tul}} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1396.42}{283.5} = 5$$

Digunakan 5D-19

$$S = \frac{1000 - (5 \times 19)}{5} = 181 \text{ mm} \sim 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan apron pada jangka menengah 10 tahun (2025) menggunakan tebal slab 15 inci = 38.1 cm dengan tulangan 5D19-18 dan tebal *subbase* 6 inci = 15.24 cm, seperti pada Gambar 5.26.



**Gambar 5.26** Tebal Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)  
untuk Jangka Menengah 10 tahun (2025)

## 2) Perkerasan Kaku Jangka Panjang (2035)

Luas penampang lintang untuk tiap satuan panjang/lebar menggunakan persamaan :

$$A_s = \frac{0,64 \times L \times \sqrt{Lxt}}{f_s}$$

$$A_s = \frac{0,64 \times 500 \times \sqrt{500 \times 40}}{3200}$$

$$= 14.1421 \text{ cm}^2/\text{m}' = 1414.21 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

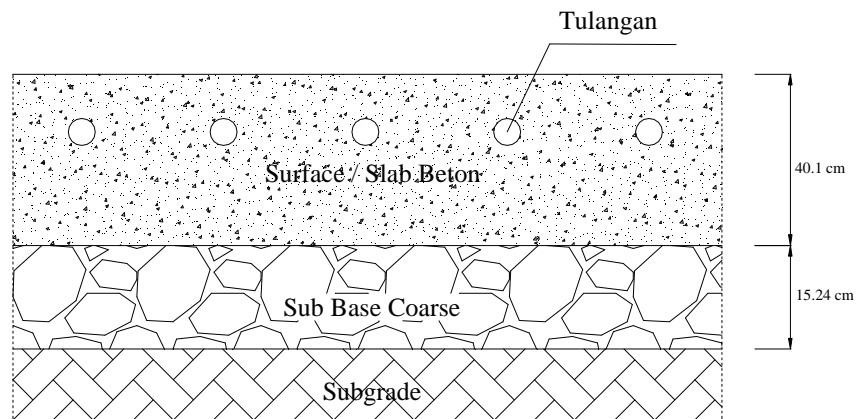
$$A_{s_{tul}} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1414.21}{283.5} = 5$$

Digunakan 5D-19

$$S = \frac{1000 - (5 \times 19)}{5} = 181 \text{ mm} \sim 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan apron pada jangka panjang 20 tahun (2035) menggunakan tebal slab 15.8 inci = 40.1 cm dengan tulangan 5D19-18 dan tebal *subbase* 6 inci = 15.24 cm, seperti pada Gambar 5.27.



**Gambar 5.27** Tebal Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) untuk jangka panjang 20 tahun (2035)

#### **b. Dowel**

Sebagai penyambung antara slab beton, berdasarkan tabel 2.31 dibutuhkan dowel untuk tebal slab 18.8 inci dan 19.4 inci digunakan dowel dengan diameter 30 mm, panjang 510 mm dan spasi arah longitudinal dan transversal sebesar 380 mm.

#### **c. Tie Bar**

*Tie Bar* direncanakan untuk menambah resistensi *subgrade* datau *subbase coarse* terhadap gerakan horizontal slab beton, ketika pada perkerasan terjadi penyusutan.

Dalam menentukan dimensi atau ukuran *Tie Bar*, FAA meberikan rekomendasi sebagai berikut :

- 1) Diameter 5/8 inchi (16 mm)



- 2) Panjang 30 inchi (760 mm)
- 3) Jarak dari as ke as 30 inchi (760 mm)

### 5.3. Perencanaan Permarkaan

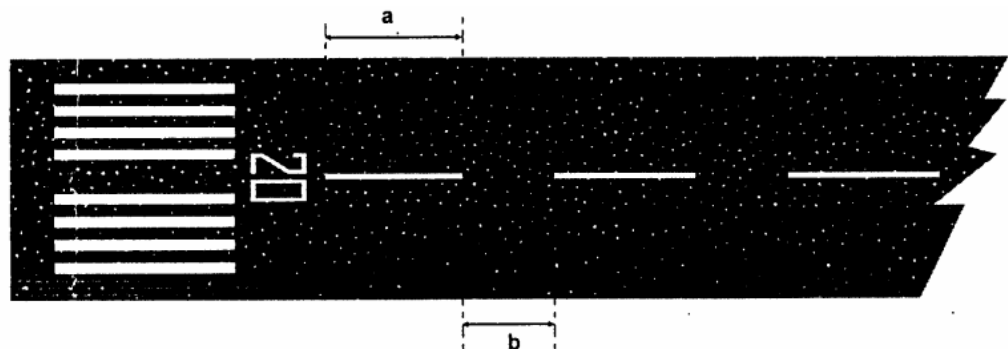
#### 5.3.1 Runway

##### a. Nomor Landasan (*Runway Designation Marking*)

Untuk nomor landasan disesuaikan dengan nomor landasan yang ada pada *runway* Bandar Udara Wamena yaitu 15 dan 33. Kedua angka nomor landasan ini sebagai identitas *runway* yang diberi warna putih dan terletak di antara *threshold* dengan *runway centre line marking*.

##### b. *Marking Sumbu Landasan*

Tanda berupa garis putus-putus berwarna putih yang terletak ditengah-tengah sepanjang *runway*. *Marking* sumbu landasan terdiri dari celah dengan ketentuan pada SKEP-11-I-2001, maka didapat lebar strip sebesar 0.9 meter dengan garis yang berwarna putih (a) 40 meter dan celahnya (b) sejarak 30 meter.



**Gambar 5.28** *Marking Sumbu Landasan*

##### c. *Marking Threshold*

Tanda berupa garis-garis putih sejajar dengan arah *runway* yang terletak di ujung *runway* sebagai tanda permulaan untuk pendaratan. Dari

Tabel 2.11 dengan lebar landasan sebesar 45 meter diperoleh jumlah strip sebanyak 12 garis dengan banyak celah 10 buah. Serta jarak tepi luar strip terhadap tepi dalam *runway side marking* adalah 0.5 meter.

**d. *Touchdown Zone Marking***

Penandaan ini terletak di *runway*, terdiri dari garis-garis berwarna putih berpasangan di kiri-kanan *centerline runway*. Memiliki fungsi sebagai penunjuk panjang landasan yang masih tersedia saat pesawat melakukan pendaratan. Pemarkaan pada zona ini berbentuk persegi panjang dengan panjang strip 22.5 meter, lebar strip adalah 3 meter pada strip tunggal. Sedangkan pada strip ganda memiliki panjang 22.5 meter dan lebar 1.8 meter dengan jarak antar strip 1.5 meter. Jarak antara satu dengan lainnya adalah 10 meter. Berdasarkan tabel 2.12 dengan panjang landasan  $> 2100$  meter maka didapatkan jumlah pasangan sebanyak 6 dengan jumlah garis 3,3,2,2,1,1.

**e. *Marking Tepi Landasan***

Suatu garis berwarna putih yang terdapat di sepanjang kiri-kanan tepi pada awal sampai dengan akhir *runway*. Berbentuk garis tepi sepanjang landasan dengan lebar garis sesuai dengan ketentuan yaitu 0.9 meter untuk *runway* dengan lebar  $\geq 30$  meter.

**f. *Runway End Markings***

Berbentuk garis memanjang sepanjang tepi dari lebar landasan dengan lebar garis sebesar 1.8 meter.

### 5.3.2 Taxiway dan Exit Taxiway

#### a. Taxi Guideline Marking

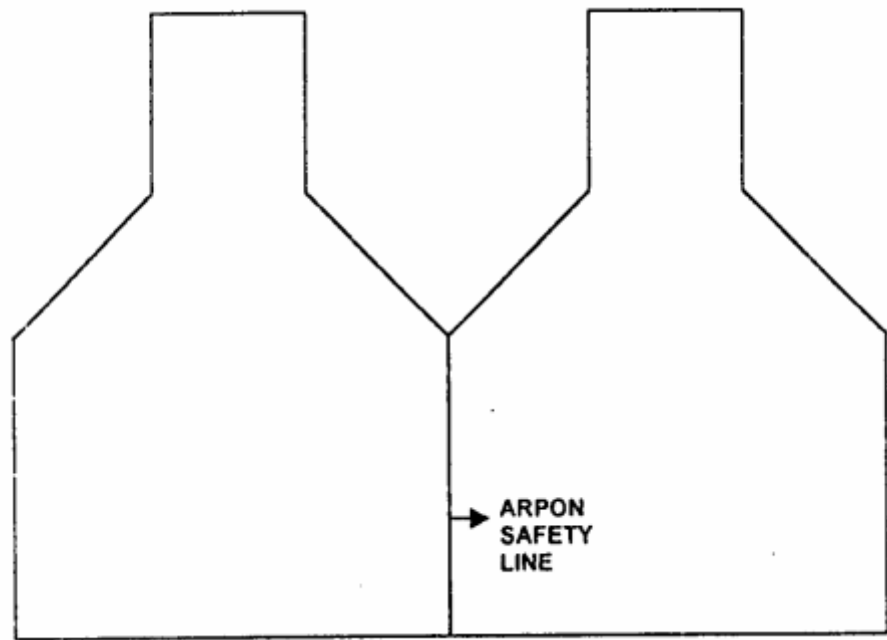
*Taxiway* juga memiliki marka garis sumbu yang terletak ditengah dan sepanjang *taxiway* sama halnya dengan *runway*. Garis sumbu ini berupa garis berwarna kuning dengan lebar 0.15 meter. Garis tepi *taxiway* yang terletak di sepanjang kedua tepinya menggunakan single yellow line dengan lebar garis 0.15 meter karena lebar *taxiway* yang didapat dari perhitungan diatas adalah 18 meter.

Adapula *exit guideline line marking* yaitu tanda berupa garis berwarna kuning yang letaknya di persimpangan *runway dan taxiway* serta garis ini menghubungkan dengan garis sumbu *taxiway*. Fungsinya memberikan tuntunn keluar masuk pesawat udara yang sedang *taxi* menuju *runway* ataupun sebaliknya. Lebar tanda ini sebesar 0.15 meter sejajar dengan *centerline runway* sepanjang 60 meter karena *runway* yang ada panjangnya  $\geq 1200$  m. serta, lebar celah antara *centerline* dengan *exit guideline* berjarak 0.9 meter.

### 5.3.3 Apron

#### a. Apron Safety Line Marking

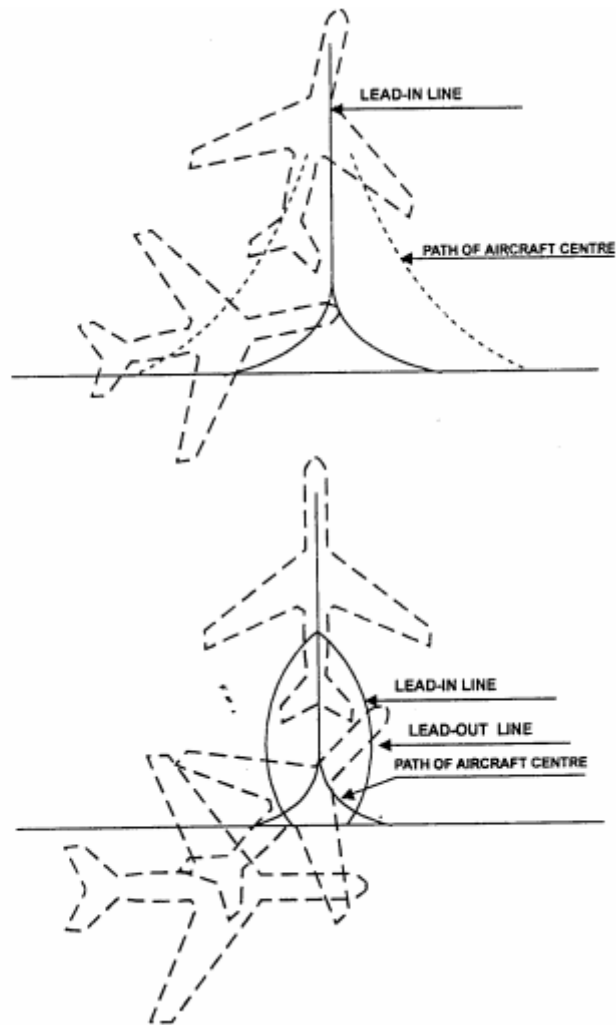
*Apron Safety Line Marking* adalah garis berwarna merah yang berada di apron dengan lebar 0.15 meter. Fungsinya menunjukkan batas yang aman bagi pesawat udara dari pergerakan peralatan pelayanan darat (GSE). Dimana letaknya adalah berada di sekeliling pesawat udara. Batas samping kanan dan samping kiri *Apron Safety Line Marking* ditulis atau digambar dengan memperhatikan *wing tip clearance*.



**Gambar 5.29** *Apron Safety Line*

**b. *Apron Lead-in dan lead-out Line Marking***

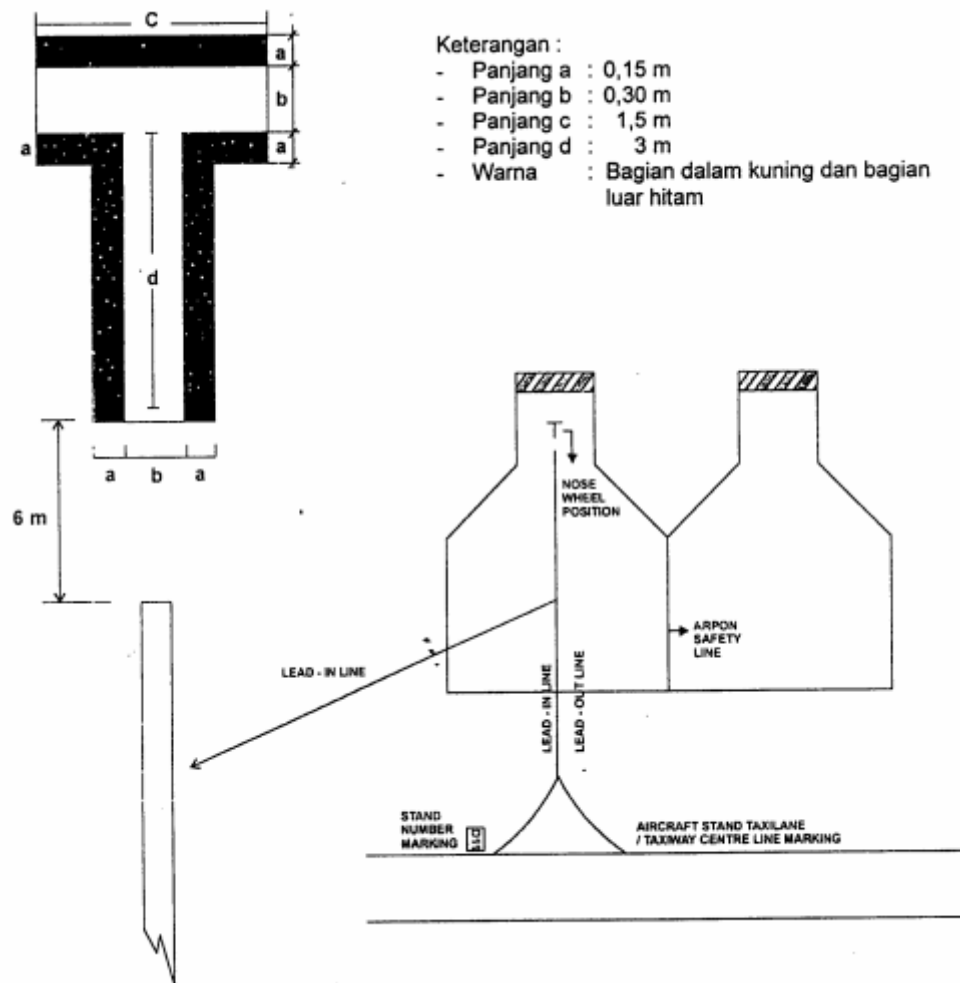
*Apron Lead-in dan lead-out Line Marking* adalah garis yang berwarna kuning di apron dengan lebar 0.15 m. berfungsi sebagai pedoman yang digunakan oleh pesawat melakukan *taxi* dari *taxiway* ke apron atau sebaliknya. *Apron Lead-in dan lead-out Line Marking* terletak di area apron.



**Gambar 5.30** Apron Lead-in dan lead-out Line Marking.

**c. Aircraft Stop Line Marking**

*Aircraft Stop Line Marking* adalah tanda berupa garis atau bar warna kuning yang berfungsi sebagai tanda tempat berhenti pesawat. Terletak di area apron pada perpanjangan lead-in berjarak 6 m dari akhir *lead-in line* seperti pada Gambar 5.31 berikut.



**Gambar 5.31** *Aircraft Stop Line Marking*

**d. Apron Edge Line Marking**

*Apron Edge Line Marking* adalah garis berwarna kuning disepanjang tepi apron yang berfungsi menunjukkan batas tepi apron ukuran garis *Apron Edge Line Marking* adalah sebesar 0.15 meter.

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1. Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan perencanaan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Diprediksi untuk jangka menengah 10 tahun (2025) jumlah penumpang sebesar 522,914 orang per tahun dan pergerakan pesawat sebesar 61,969 pergerakan per tahun. Sedangkan untuk jangka panjang 20 tahun (2035) jumlah penumpang sebesar 735,905 orang per tahun dan pergerakan pesawat sebesar 83,772 pergerakan per tahun.
2. Dalam perencanaan pengembangan Bandar Udara Wamena perhitungan forecasting hanya dilakukan pada pesawat yang beroperasi (lampiran). Sedangkan adanya jenis pesawat baru pada forecasting dilakukan untuk menggantikan jenis pesawat yang sudah tidak dapat beroperasi karena umur pesawat yang sudah melebihi menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 7 Tahun 2016 tentang pembatasan umur pesawat atau masa operasi pesawat (Lampiran).
3. Dibutuhkan perpanjangan runway sebesar 1370 meter dan penambahan lebar 15 meter menjadi panjang sebesar 3545 meter dan lebar 45 meter. Dari panjang (eksisting) landasan pacu (*runway*) sebesar 2175 meter dan lebar 30 meter.

4. Luas Apron pada saat ini (eksisting) sebesar 24,120 m<sup>2</sup> dan dibutuhkan perluasan areal Apron sebesar 12,840 m<sup>2</sup> menjadi sebesar 36,960 m<sup>2</sup> untuk memenuhi kebutuhan pelayanan hingga tahun 2035.
5. Didapatkan penambahan *Taxiway paralel* dan *Exit Taxiway* dengan lebar sebesar 18 meter dengan bahu *taxiway* sebesar 3.5 meter pada tiap sisinya. Penambahan 2 buah *Exit Taxiway* yaitu pada jarak 779 meter dan jarak 1543 meter dari *threshold runway* 15 dengan sudut 30°. (Gambar terlampir)
6. Pada perhitungan perencanaan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) untuk umur rencana jangka menengah 10 tahun (2025) didapatkan *subbase course* = 31.75 cm, *Base Coarse* = 55.88 cm, *Surface Coarse* = 10.16 cm dan untuk umur rencana jangka panjang 20 tahun (2035) *subbase course* = 34.80 cm, *Base Coarse* = 57.91 cm, *Surface Coarse* = 10.16 cm. Untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) untuk umur rencana jangka menengah 10 tahun (2025) didapatkan *subbase course* = 15.24 cm, *Surface Coarse/Slab Beton* = 38.1 cm dan umur rencana jangka panjang 20 tahun (2035) didapatkan *subbase course* = 15.24 cm, *Surface Coarse/slab beton* = 40.1 cm.

## 6.2. Saran

1. Kondisi marking pada sisi udara Bandar Udara Wamena perlu diperbaiki dan di perbaharui sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku bagi Bandar Udara Kelas IV-C.
2. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia melalui Unit Pelaksana Bandar Udara Kelas I Wamena sebagai pengelola Bandara untuk lebih



memperhatikan kembali izin penambahan pesawat yang beroperasi oleh maskapai penerbangan. Hal tersebut dikarenakan fasilitas sisi udara yang belum memadai. Sehingga perlu dilakukan pengembangan dan peningkatan fasilitas sisi udara sesuai dengan Master Plan Pengembangan Bandar Udara Wamena.

3. Untuk memaksimalkan kapasitas penggunaan sisi udara perlu ditambahkan alat bantu navigasi berupa ILS, VOR agar pesawat dapat mendarat pada keadaan cuaca tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Airbus Industry, 2014, *A320 Airplane Characteristics For Airport Planning*  
www.airbus.com, France.
- Arisandi, Rifdia, 2012, *Perencanaan Pengembangan Apron Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Basuki, Heru, 1986, *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*, Bandung: PT Alumni. Cetakan II.
- Badan Klimatologi dan Geofisika. 2015, *Informasi dan Data Cuaca Kota Wamena 2005-2015*, Wamena: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.
- Boeing Company, 2013, *737 Airplane Characteristics For Airport Planning*.  
www.boeing.com, USA.
- Darmawan, Rudi Fajar, 2015, *Studi Evaluasi Landasan Pacu (Runway) Bandar Udara Noto Hadinegoro Kabupaten Jember*, Institut Teknologi Sepuluh Nasional, Malang.
- De Barros, Alexandre & Wirasinghe, Sumedha Chandana, 1997, *New Aircraft Characteristics Related To Airport Planning*, Air Transport Research Group of The WTCR Society, Vancouver.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2004, *Standar Manual bagian 139 Aerodrome*, Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Direktorat Jendral Perhubungan Udara. 2005, *SKEP 77-VI-2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*, Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2001, *SKEP 11-I-2001 Tentang Standar Marka dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat Udara di Bandar Udara*, Jakarta: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Federal Aviation Administration, 2012, *Advisory Circular (AC) No. 150/5300-13A: Airport Design*, U.S Departement of Transportation, USA.

Federal Aviation Admnistration, 2012, *Advisory Circular (AC) No. 150/5320-6E: Airport Pavement Design & Evaluation*, U.S Departement of Transportation, USA.

Federal Aviation Admnistration. 1988. *Advisory Circular (AC) No. 150/5360-13: Planning and Design Guidelines For Airport Terminal Facilities*, U.S Departement of Transportation, USA.

Horonjeff, R., & F.X. McKelvey, 1988, *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara (Terjemahan) Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2016. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 160 Tahun 2015 Tentang Peremajaan Armada Peswat Udara Angkutan Udara Niaga, Jakarta : Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Prastyo, Aditya Imam, 2012, *Perencanaan Tebal Perkerasan Runway dan Taxiway Bandara Kualanamu Deli Serdang Sumatera Utara*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Rahayu, Yoanita Eka, 2013, *Perencanaan Sisi Udara Pengembangan Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Rizkiardi, Aditya, 2003, *Perancangan Pengembangan Apron, Taxiway, Runway Bandar Udara Juanda Surabaya guna memenuhi kebutuhan pelayanan hingga tahun 2022*, Institut Teknologi Nasional, Malang.

Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas I. 2015, *Data Produksi Angkutan Udara tahun 2006-2015*, Wamena: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas I. 2015, *Informasi Bandar Udara Wamena*, Wamena: Departemen Perhubungan Republik Indonesia.

## *Lembar Persembahan*

Alhamdulillah akhirnya skripsi ini selesai, dengan demikian perjuangan menjadi seorang sarjana teknik sipil pun berakhir.

Puji syukur ku panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala nikmat hidup dan kesempatan mengenggam ilmu, serta rasa syukur kepadaMu karena telah menghadirkan orang-orang baik disekitarku yang selalu memberikan doa dan semangatnya selama ini.

Dengan mengharap ridho-Mu, kupersembahkan skripsi ini untuk kedua orang tuaku tersayang mama dan bapak yang senantiasa memberikan doa, semangat serta dukungan tiada henti selama perjuangan meraih gelar sarjana dan menyelesaikan skripsi ini. Mohon maaf bila anakmu ini tidak maksimal sesuai yang diharapkan. Tapi semuanya terbayar manis dengan hasilnya terimakasih mama dan bapak.

Untuk mu adikku tersayang terimakasih atas doanya dan dukungannya selama ini. Maaf belum bisa menjadi kakak yang baik buat kamu. Sekarang giliranmu berjuang menjadi seorang sarjana.

Untuk saudara-saudara di Majene dan di Jayapura maupun dimana saja terimakasih dukungan dan doanya selama ini.

Untuk om Nyong Palapessy dan istri, terima kasih banyak dukungannya. Rela direpotin dengan data bandara. Maaf selama ini hanya membuat ngerepotin.

Untuk program studi Teknik Sipil ITN Malang Pak Agus dan Bu munasih terima kasih telah menampung saya selama ini. Buat pak Andi dan Pak Thomas terimakasih atas dukungannya. Yang sering direpotin kalau saya lagi ngurus administrasi.

Untuk dosen-dosen di program studi teknik sipil ITN Malang terima kasih atas bekal ilmu selama ini, dukungan, arahan serta nasihatmu kini saya telah menjadi seorang sarjana.

Untuk mu Citra Meydila yang selama ini menemaniku dalam menyelesaikan studi dan skripsi. Terimakasih atas dukungan dan doamu, mau diajak jalan kalau lagi psing dan mumet karena skripsi. Maaf selalu ngerepotin dan membuatmu jengkel. Well done kita berdua fix ST.

Untuk Nur Mayasari dan Winda Nur Oktaviani, sahabat selama studi, terimakasih atas dukungannya selama ini, kerjasamanya, doa dan semua yang kita pernah lakukan bersama. Meskipun pada semester-semester akhir kita jarang bersama-sama. Sekali lagi terimakasih kalian luarbiasa.

Untuk teman-teman transportasi semuanya, terimakasih mblo buat dukungannya selama ini. Kegilaan yang sering kita ciptakan di grup bbm. Nungguin pak jo yang ga jelas bareng. Finnaly kita sarjana mblo.

Untuk teman-teman bandara, Citra, Variz, dan mahesa akhirnya skripsi kita selesai rek. Ingat motto kita "suhu" acc "anak murid" acc juga hahahah. Terimakasih buat kalian bertiga yang telah menjadi partner selesaikan nih skripsi yang terlihat gampang tapi ternyata susah.

Untuk kalian teman-teman Sipil angkatan 2012, toto, mahesa, verry, nando, masayu, dian swastika, dian kartini, angga, variz, pandu, Vincent, agung, maryanto, Samuel, yoga, gusti, dan semuanya yang tidak disebutkan terimakasih atas dukungannya dan semangatnya. Akhirnya kita wisuda bareng.

Untuk Nurhidayati Fitriyana, Hawah, Neti Komala, Didik (Tole), Elia, Dinul, Arza, Octavian (Vian) terimakasih sahabat doa dan dukungan kalian, kini buat kalian semua yang belum wisuda ayo cepat wisuda. Yang sudah kerja kapan nikah ?? hahaha. Satu harapanku kita dapat berkumpul kembali di Wamena.

Dan untuk semua yang telah banyak membantu saya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Sekali lagi terima kasih

===REZA RIZKY ASHARI FABANYO, ST.===